

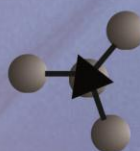
# Clicap 2015

Congreso Latinoamericano  
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

**15, 16 y 17 de abril de 2015**  
**SAN RAFAEL - MENDOZA - ARGENTINA**



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE CIENCIAS  
APLICADAS A LA INDUSTRIA

**CLICAP 2015**

Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

San Rafael – Mendoza – Argentina

15, 16 y 17 de Abril de 2015

**Universidad Nacional de Cuyo**

(Mendoza, República Argentina)

Rector: Ing. Agr. Daniel Ricardo Pizzi

Vicerrector: Dr. Prof. Jorge Horacio Barón

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria**

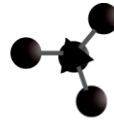
(San Rafael, Mendoza, República Argentina)

Decana: Dra. Ing. Alicia Lucía Ordóñez

Vicedecano: Dr. Ing. Daniel Alfredo Castro



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE CIENCIAS  
APLICADAS A LA INDUSTRIA

# CLICAP 2015

Congreso Latinoamericano de  
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

San Rafael – Mendoza –Argentina  
2015



CLICAP 2015 : Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas /  
Alicia Lucia Ordoñez ... [et.al.] ; con colaboración de Cecilia Adriana  
Flores y Mónica Beatriz Barrera ; coordinado por Alicia Lucia Ordoñez. - 1a ed. -  
San Rafael; Mendoza : Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria : Universidad Nacional de  
Cuyo, 2015.  
E-Book.

ISBN 978-987-575-119-4

1. Ingeniería. 2. Congresos. I. Ordoñez, Alicia Lucia II. Flores, Cecilia Adriana, colab. III.  
Barrera, Mónica Beatriz, colab. IV. Ordoñez, Alicia Lucia, coord.  
**CDD 620.007**

Fecha de catalogación: 17/03/2015

**CLICAP 2015 : Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**  
**Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria**  
**San Rafael, Mendoza, Abril de 2015.**

**Coordinadora:** Dr. Ing. Alicia Lucía Ordóñez

**Colaboradores:** Prof. Mónica Beatriz Barrera, Ing. Cecilia Adriana Flores

San Rafael, Mendoza, 1ª Edición 2015.

ISBN: 978-987-575-119-4  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria  
Bernardo de Irigoyen 375, 5600. San Rafael, Mendoza, Argentina

## **Autoridades Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria**

### ***Decana***

Dra. Ing. Alicia Lucía ORDOÑEZ

[aordonez@fcai.uncu.edu.ar](mailto:aordonez@fcai.uncu.edu.ar) - [decana@fcai.uncu.edu.ar](mailto:decana@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Vicedecano***

Dr. Ing. Daniel Alfredo CASTRO

[dcastro@fcai.uncu.edu.ar](mailto:dcastro@fcai.uncu.edu.ar) - [vicedecano@fcai.uncu.edu.ar](mailto:vicedecano@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría Académica***

Esp. Ing. Ángel Augusto ROGGIERO - [aroggier@fcai.uncu.edu.ar](mailto:aroggier@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Ciencia y Técnica***

Dra. Ing. María Silvina CABEZA - [mscabeza@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mscabeza@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Extensión Universitaria***

Ing. Sandra DIMARCO - [sdimarco@fcai.uncu.edu.ar](mailto:sdimarco@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Asuntos Estudiantiles***

Ing. Mónica Alejandra MORANT - [mamorant@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mamorant@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Posgrado***

Ing. Silvia Cristina CLAVIJO - [scclavijo@fcai.uncu.edu.ar](mailto:scclavijo@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría Administrativa Financiera***

Cont. Liliana Rosa PÉREZ - [liperez@fcai.uncu.edu.ar](mailto:liperez@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Comunicaciones e Informática***

Ing. Fabián Rafael TALIO - [ftalio@fcai.uncu.edu.ar](mailto:ftalio@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Vinculación Tecnológica y Desarrollo Productivo***

Ing. Sergio SINI - [ssini@fcai.uncu.edu.ar](mailto:ssini@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Secretaría de Mantenimiento, Obras e Infraestructura***

Ing. Heber Noé POSSA - [hpossa@fcai.uncu.edu.ar](mailto:hpossa@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Coordinación de Planta Piloto***

Esp. Ing. Alejandro Ernesto GENTILE - [agentile@fcai.uncu.edu.ar](mailto:agentile@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Coordinación de Prácticas y Pasantías Profesionales***

Ing. Martín A. MOYANO - [mamoyano@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mamoyano@fcai.uncu.edu.ar)

### ***Coordinación de Ingreso***

Ing. Verónica Elina VIDELA - [vvidela@fcai.uncu.edu.ar](mailto:vvidela@fcai.uncu.edu.ar)

## **Comité Científico**

- Dra. Balanza, María Esther
- Dr. Boccaccini, Aldo
- Dr. Bottini, Rubén
- Dra. Bucalá, Verónica
- Dra. Cabeza, Silvina
- Dr. Cáceres, Roberto
- Dr. Capuano, Vicente
- Dr. Castro, Daniel
- Dr. Chernikoff, Raúl
- Ing. Clavijo, Silvia
- Ing. Flores, Cecilia
- Dr. Hours, Roque
- Dr. Mascheroni, Rodolfo
- MSc. Martín, Fanny Raquel
- Dra. Martín, María Carolina
- Dra. Merín, María Gabriela
- Dra. Morata, Vilma
- Dr. Muñoz Puentes, Ernesto
- MSc. Najar, Laura
- Dra. Ordóñez, Alicia Lucía
- Dra. Pece, Nora
- Dra. Qüesta, Gabriela
- Dra. Pirovani, María Elida
- Ing. Roggiero, Augusto
- Dra. Santillán, María José
- Ing. Urfalino, Paola
- Dr. Valderrama, José Omar
- Dr. Villar, Marcelo
- Dra. Zaritzky, Noemí
- Dra. Catalán Lidia

## **Comité Organizador**

### **Presidente de la Organización:**

- Dra. Alicia Lucía Ordóñez

### **Integrantes:**

- MSc. Balada, Luis
- Dra. Balanza, María Esther.
- Prof. Barrera, Mónica
- Prof. Bru, Viviana
- Dra. Cabeza, María Silvina
- Dr. Daniel Castro
- Ing. Dimarco, Sandra
- Bibl. Eleicegui, Miryam
- MSc. Balada, Luis
- Dra. Balanza, María Esther.
- Prof. Barrera, Mónica
- Prof. Bru, Viviana
- MSc. Balada, Luis
- Dra. Balanza, María Esther.
- Prof. Barrera, Mónica
- Prof. Bru, Viviana
- Dra. Cabeza, María Silvina
- Dr. Daniel Castro
- Ing. Dimarco, Sandra
- Bibl. Eleicegui, Miryam
- Esp. Evangelista, Sara
- Tec. Finocchio, Luis
- Ing. Flores, Cecilia
- Ing. Morant, Mónica Alejandra
- Cdora. Pérez, Liliana
- Lic. Poblete, Guillermo
- Prof. Kojanovich, Cecilia
- Ing. Sánchez, Alicia María
- Dra. Santillán, María José

## **Presentación**

La cuarta edición del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas a la Industria “CLICAP 2015” y su evento asociado, el Tercer Encuentro AUSAL se desarrollarán los días 15, 16 y 17 de abril de 2015 en la sede de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Reuniendo docentes investigadores de áreas del conocimiento de la ciencia e ingeniería química, de los alimentos, medioambiente y de la enseñanza de ellas.

Nuestra Unidad Académica ha logrado insertar en el calendario un Evento Científico que se realiza cada tres años. En su edición 2012 se acrecentó significativamente el número de expositores latinoamericanos en las distintas áreas convocantes reuniendo docentes investigadores, profesionales y estudiantes que pertenecen a distintas instituciones, universidades y organismos científicos de Latinoamérica. Es importante destacar el nivel de asistencia de investigadores provenientes de Universidades e Institutos científicos de BRASIL, CHILE, COLOMBIA, VENEZUELA, ECUADOR, ARGENTINA, con la presentación de 190 ponencias orales de trabajos de investigación, 290 presentaciones bajo la modalidad de póster, seis mesas redondas y tres conferencias contando con 470 inscriptos.

Todas las ediciones reflejaron parte del esfuerzo que significa investigar en la Universidad, tratando de mantener y promover la retroalimentación entre los miembros de la comunidad científica y procurando que los resultados sean transferidos a la sociedad, sostén de nuestro sistema científico tecnológico y educativo.

La Institución se encuentra movilizada esperando una gran concurrencia de investigadores, alumnos y profesionales sumando conocimiento, desarrollo e innovación a los desafíos por venir.

Sean bienvenidos al CLICAP 2015. Deseamos que el evento supere ampliamente las expectativas y que disfruten de la cordialidad de nuestra gente.

Organización CLICAP.

## TABLA DE CONTENIDO

ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS RESÚMENES .....	1
01 RA - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECANICAS Y FISICOQUIMICAS EN PELICULAS COMESTIBLES A BASE DE HIDROCOLOIDES.....	2
2 RA - OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA ACTIVACIÓN DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE (PHB/PCL) CON NISINA .....	3
03 RA - VERIFICACIÓN DE LA SUPOSICIÓN DE PROBETA INFINITA EN LA DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN VEGETALES .....	4
04 RA - METODOLOGÍA IN VITRO PARA DETERMINAR LA TOLERANCIA A LA DIGESTIÓN GÁSTRICA DE CEPAS DE <i>Lactobacillus plantarum</i> ADICIONADAS A PULPA DE FRAMBUESA ....	6
05 RA - INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS COMO HERRAMIENTA PARA VERIFICACIÓN DE SU GENUINIDAD .....	7
06 RA - EFECTO DEL DESGOMADO SOBRE EL CONTENIDO DE CERAS DEL ACEITE DE GIRASOL .....	8
07 RA - CONGELACIÓN DE ALIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL ALMACENAJE.....	9
08 RA - EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA EN RATONES ALIMENTADOS CON UN CONCENTRADO PROTEICO DE LA ALMENDRA DE HIGERILLA DESTOXIFICADA ( <i>Ricinus communis</i> ) .....	10
09 RA - ENCAPSULACIÓN EN MATRICES CONTINUAS DE CINAMALDEHÍDO EXTRAÍDO POR ULTRASONIDO DE LA CANELA. EFECTO DEL ESTADO FÍSICO DE LA MATRIZ .....	11
10 RA - EVALUACIÓN DE UN SENSOR DE BIOMASA BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES PARA CULTIVO DE <i>Chlorella</i> .....	12
11 RA - COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS, GRADO DE HIDRÓLISIS Y TAMAÑO DE PÉPTIDOS DEL ENSILADO BIOLÓGICO DE <i>Merluccius hubbsi</i> .....	13
12 RA - SECADO CONVECTIVO DE GÍRGOLAS ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	14
13 RA - DESARROLLO DE COLOR EN CHAMPIÑONES FRESCOS Y DESHIDRATADOS .....	15
14 RA - CARACTERISTICAS BIOQUÍMICAS, Y FISICOQUÍMICAS DE LAS PROTEÍNAS MUSCULARES DE ALETAS Y TENTÁCULOS DE CALAMAR ( <i>Illex argentinus</i> ).....	16
15 RA - MODIFICACIONES DE LAS PROPIEDADES BIOQUÍMICAS Y FISICOQUÍMICAS DE CORVINA RUBIA ALMACENADA EN HIELO.....	17
16 RA - ESTUDIO A ESCALA PILOTO DE LA FORMULACIÓN Y LA TEXTURA DE UN YOGUR BEBIBLE CON AGREGADO DE CEPA PROBIÓTICA. ....	18
17 RA - ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ALIMENTOS VEGETALES EN ESCOLARES COMO ESTRATEGIA INDUSTRIAL .....	19
18 RA - CARACTERIZACIÓN DE BEBIDA, OBTENIDA A TRAVÉS DE INFUSIÓN DE RICA RICA ( <i>Acantholippia deserticola</i> ) DEL NORTE DE CHILE.....	20

19 RA - UTILIZACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN VEGETALES ACOPLANDO LA CINÉTICA DE INACTIVACION DE PEROXIDASA .....	21
20 RA - IDENTIFICACIÓN PARÁMETROS DIFUSIONALES EN ALIMENTOS .....	22
21 RA - PROGRAMA CON UN SOFTWARE MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE FREEZADO DE UN ALIMENTO EN LECHO FLUIDIZADO Y CON ESTUDIO ECONÓMICO. ....	23
22 RA - PIMENTÓN O PÁPRIKA: CORRELACIÓN DE COLOR ASTA Y GENUINIDAD .....	24
23 RA - CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS PRODUCTOS COMERCIALES DE GATUZO ( <i>Mustelus schmitti</i> ) EN FUNCION DEL SEXO Y DEL AREA DE CAPTURA. ....	25
24 RA - IMPLICANCIA DEL DESARROLLO DE <i>Aspergillus ochraceus</i> EN LA MICROBIOTA SUPERFICIAL DE EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS .....	26
25 RA - USO DE L-FENILALANINA AMONIO LIASA DE <i>Rhodospiridium toruloides</i> INMOVILIZADA POR ENTRAMPAMIENTO EN MEMBRANAS CELULÓSICAS. ....	27
26 RA - CARACTERIZACIÓN Y EMPLEO DE UN BIOCATALIZADOR INMOVILIZADO PARA LA REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE L-FENILALANINA EN CASAMINOÁCIDOS .....	28
27 RA - CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS CATALÍTICAS DE <i>Rhodospiridium toruloides</i> CONTENIENDO L-FENILALANINA AMONIO LIASA .....	29
28 RA - PROYECTO DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE TILAPIA ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) PARA EL LABORATORIO DE ACUICULTURA. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. UNIDAD ACADEMICA MAR DEL PLATA.....	30
29 RA - ALIMENTO FUNCIONAL: DURAZNOS EN TAJADAS EN CONSERVA CON GEL DE <i>Aloe sp.</i> .....	31
30 RA - INFLUENCIA DE LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES EN COMPLEJOS DE BETA-LACTOGLOBULINA GLICOSILADA A DISTINTOS pH ALCALINOS, SOBRE PROPIEDADES FUNCIONALES DE SUS EMULSIONES .....	32
31 RA - INFLUENCIA DEL TIPO DE GLICOSILACIÓN DE LA BETA –LACTOGLOBULINA SOBRE LAS PROPIEDADES EMULSIFICANTES EN MEDIO ÁCIDO.....	33
32 RA - INTERACCIÓN ENTRE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO Y VITAMINAS LIPOSOLUBLES .....	34
33 RA - ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA) EN PASAS DE ARANDANOS (V. Corimbosum, L.) OBTENIDAS POR MÉTODOS COMBINADOS .....	35
34 RA - EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA.....	36
35 RA - CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 DEL ACEITE DE CHÍA POR DESTILACION MOLECULAR .....	37
36 RA - INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN EN LA SEPARACIÓN DE INSAPONIFICABLES EN GRASA LÁCTEA ANHIDRA POR DESTILACIÓN MOLECULAR.....	38
37 RA - CARACTERIZACIÓN DE POLVOS DE ENCAPSULADOS DE PROPÓLEO POR SECADO POR ASPERSIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR SUPERFICIE DE RESPUESTA . 39	
38 RA - COMPOSICIÓN DE ADEREZOS A BASE DE VEGETALES .....	40
39 RA - CONSERVACIÓN DE PAN DE SEMILLA USANDO DISTINTOS MATERIALES DE ENVASES.....	41



40 RA - MODIFICACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO SEGÚN ACEITE UTILIZADO .....	42
41 RA - EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DISTINTOS PRE-TRATAMIENTOS EN EL COLOR Y RENDIMIENTO DE MANZANAS ( <i>Malus domestica</i> ) DESHIDRATADAS .....	43
42 RA - CALIDAD SENSORIAL DE QUESOS SEMIDUROS ELABORADOS CON LECHE DE BÚFALA Y OVEJA .....	44
43 RA - DETERMINACION DE ESPECIES DE <i>Alternaria</i> ASOCIADAS A LA PRODUCCION DE UVA EN EL ALTO VALLE DEL RIO NEGRO.....	45
44 RA - EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE LINDANO Y HEPTACLORO EPOXIDO B EN MUSCULO DE PESCADO .....	46
45 RA - EVALUACION SENSORIAL DE UN PRODUCTO NATURAL: JUGO DE UVA VERDE COMO ALTERNATIVA DE ACIDULANTE ALIMENTARIO .....	47
46 RA - DESARROLLO DE BARRAS DE ALTO CONTENIDO PROTEICO .....	48
47 RA - EVALUACIÓN SENSORIAL DE MATERIALES DE TOMATE PARA MERCADO EN FRESCO .....	49
48 RA - PAPA OSMODEHIDROCONGELADA FORTIFICADA CON CALCIO .....	50
49 RA - EFECTO DEL TIPO DE SECADO EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HARINA DE LOMBRIZ.....	51
50 RA - APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA ELABORACIÓN DE UN NÉCTAR A BASE DE AGUAYMANTO ( <i>Physalis peruviana</i> L.) Y SU CARACTERIZACIÓN SENSORIAL. ....	52
51 RA - EXTRACTOS HERBALES NATIVOS PROMISORIOS: BIOACTIVIDADES FRENTE EXTRACTOS DE “TÉ VERDE” .....	53
52 RA - CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO SIÁLICO EN LECHEs NO TRADICIONALES OVEJA, BÚFALA Y CABRA .....	54
53 RA - EFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE LA INACTIVACIÓN DE LIPASAS EN LAMINADO DE SOJA POR APLICACIÓN DE MICROONDAS. ....	55
54 RA - ESTUDIO DE PROPÓLEOS DE TRANCAS PARA SU APLICACIÓN TECNOLÓGICA ALIMENTARIA.....	56
55 RA - DIFERENCIAS DE PODER ESPUMANTE DE PROTEINAS DE DISTINTO ORIGEN VEGETAL .....	57
56 RA - DIVERSIFICACIÓN VITÍCOLA: UN ACIDULANTE NATURAL. ....	58
57 RA - ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN AJO COMBINANDO LÍQUIDOS IÓNICOS Y NANOTUBOS DE CARBONO CON DETECCIÓN POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ELECTROTÉRMICA .....	59
58 RA - EFECTO DE DIFERENTES PROCESOS DE COCCION SOBRE LAS PROTEINAS PRESENTES EN AJOS COMUNES Y BIOFORTIFICADOS CON SELENIO .....	60
59 RA - EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD HIDROLÍTICA/TRANSGALACTOSIDASA DE ENZIMAS $\beta$ -GALACTOSIDASAS PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS FUNCIONALES.....	61
60 RA - ADECUACIÓN DEL USO DE HARINA DE CHÍA EN PANIFICADOS SIN GLUTEN, EN MÁQUINA PANIFICADORA DOMÉSTICA.....	62

61 RA - MODELADO DEL SECADO DE PURÉ DE TOPINAMBUR .....	63
62 RA - TOSTADO CON MICROONDAS DE COPOS DE MAÍZ.....	64
63 RA - EFECTO DE LOS SUSTITUTOS DEL GLUTEN EN LOS ATRIBUTOS DE LOS FIDEOS DE ARROZ MEDIANTE DISEÑO DE MEZCLA .....	65
64 RA - MOLIENDA HÚMEDA DE AMARANTO ASISTIDA MEDIANTE MOLINO PLANETARIO DE BOLAS .....	66
65 RA - EXTRACCION Y USO DEL JARABE DE TOPINAMBUR ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) COMO PREBIOTICO EN LECHES FERMENTADAS .....	67
66 RA - CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE PAPAS ANDINAS CULTIVADAS EN JUJUY .....	68
67 RA - CALIDAD MICROBIOLOGICA DE SANDWICHES DE MIGA EN SAN RAFAEL - MENDOZA.....	69
68 RA - ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE LAPACHOL Y DIFERENTES COMPLEJOS LAPACHOL-METALES DE TRANSICIÓN.....	70
69 RA - EVALUACIÓN DE DISTINTOS AZÚCARES PARA LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS DE <i>Enterococcus faecium</i> SM21, CON ACTIVIDAD <i>Anti-Listeria</i> .....	71
70 RA - ARCILLAS ANTIMICROBIANAS PARA POTENCIALES APLICACIONES EN ENVASES DE ALIMENTOS .....	72
71 RA - CARACTERIZACIÓN DE UN CONCENTRADO PROTEICO OBTENIDO A PARTIR DE HARINA DE <i>Pachyrhizus ahipa</i> : POTENCIALES APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	73
72 RA - EFECTO DE UN POTENCIAL CULTIVO PROTECTOR SOBRE EL DESARROLLO DE ALTERANTES DE PRODUCTOS CÁRNICOS COCIDOS .....	74
73 RA - PERFIL SENSORIAL DE SALAMINES REGIONALES ELABORADOS CON CULTIVOS STARTERS AUTÓCTONOS.....	75
74 RA - ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO Y APLICACIÓN DE BPM EN CASAS DE COMIDA PARA UNIVERSITARIOS DE LA RIOJA .....	76
75 RA - ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FORMULACIONES DE OLEORRESINA DE PIMENTÓN SECADAS POR SPRAY O POR LIOFILIZACIÓN .....	77
76 RA - PROPIEDADES DE JARABES CONCENTRADOS DE VINAZAS LIGERAS CON REDUCIDO CONTENIDO DE LIPIDOS .....	78
77 RA - ANALISIS DE LA DEMANDA DE ENFRIAMIENTO DE UN SISTEMA INDUSTRIAL DE FERMENTACION .....	79
78 RA - ACCIONES TENDIENTES A MEJORAR LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE QUESOS SEMIDUROS ELABORADOS A PARTIR DE LECHE DE BÚFALA.....	80
79 RA - SOLID LIPID MICROPARTICLES MADE OF COCOA BUTTER AND VITAMIN E LECITHIN: CHARACTERIZATION, RHEOLOGICAL BEHAVIOUR AND APPLICATION TO YOGOURT .....	81
80 RA - ESTABILIZACIÓN DE GALATO DE EPIGALOCATEQUINA EXTRAÍDO DE TE VERDE POR ENCAPSULACIÓN EN BETA-CICLODEXTRINA .....	82

81 RA - CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CERVEZA PILSEN TIPO ALE: COMPARACIÓN DE CEPAS DE <i>Saccharomyces</i> Y <i>Brettanomyces</i> .....	83
82 RA - ESTUDIO DE SECADO DE LA SEMILLA DE <i>Amaranthus cruentus</i> .....	84
83 RA - BOCADITOS SALADOS, NUTRICIONALMENTE EQUILIBRADOS Y ORGANOLEPTICAMENTE ATRACTIVOS .....	85
84 RA - EXTRACCIÓN DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE ( <i>Illex paraguariensis</i> ) .....	86
85 RA - MODELADO DE LA EXTRACCIÓN ACUOSA DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE ( <i>Illex paraguariensis</i> ) .....	87
86 RA - EFECTO DE LA PROTEÓLISIS SOBRE LA TEXTURA DE QUESOS DE CABRA MADURADOS. ....	88
87 RA - EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BACTERIAS LÁCTICAS Y LEVADURAS EN QUESOS FRESCOS DE CABRA DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA .....	89
88 RA - MODIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN GALLETITAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE MIEL .....	90
89 RA - EVALUACIÓN DEL PERFIL OCRATOXIGÉNICO DE ESPECIES DE <i>Aspergillus</i> SECCIÓN <i>nigri</i> EN UVAS PARA VINIFICACIÓN DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN, PATAGONIA ARGENTINA. ....	91
90 RA - EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ LÁCTEA EN LA ELABORACIÓN DE YOGUR .....	92
91 RA - EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DURANTE ALMACENAMIENTO CONGELADO DE QUESO BLANCO FUNCIONAL ELABORADO CON LECHE DE OVEJA .....	93
92 RA - OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE UN POLVO PARA LA PREPARACIÓN DE UN POSTRE HELADO DIETÉTICO .....	94
93 RA - COMPARACION ENTRE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO ( <i>Prosopis sp.</i> ) DEL NORTE ARGENTINO .....	95
94 RA - CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS EN SEMILLAS DE <i>Bixa orellana</i> L. ....	96
95 RA - ANÁLISIS DE LA ENVOLTURA CELULAR DE <i>Lactobacillus johnsonii</i> CRL1647 POR MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA .....	97
96 RA - USO DE QUITOSANO PARA LA INMOVILIZACIÓN DE PROTEASAS .....	98
97 RA - DETERMINACION DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL PROCESO DE PAPAS PRE-FRITAS CONGELADAS .....	99
98 RA - CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS .....	100
99 RA - SECADO CONVECTIVO DE ANANÁ CON APLICACIÓN DE PULSOS DE ENERGÍA DE MICROONDAS .....	101
100 RA - EL USO DE LA INTELIGENCIA COMPUTACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA EXPORTADORA DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS ARGENTINOS .....	102
101 RA - CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE LECHE DE CABRA DE TAMBOS DE SANTIAGO DEL ESTERO. ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE AFM1. ....	103

102 RA - COMPOSICIÓN FENÓLICA DE ORUJO DE UVA ( <i>Vitis vinifera</i> L.) DEL CULTIVAR MALBEC .....	104
103 RA - DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CALCIO Y MAGNESIO EN FOLIARES POR COMPLEXOMETRÍA EDTA .....	105
104 RA - MODELADO DEL LAVADO-DESINFECCION POR ASPERSION CON ACIDO PERACETICO EN FRUTILLAS MINIMAMENTE PROCESADAS .....	106
105 RA - OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE DESINFECCIÓN POR NEBULIZACIÓN CON ÁCIDO PERACÉTICO EN FRUTILLAS FRESCAS .....	107
106 RA - CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE DISTINTAS VARIEDADES DE MORAS ( <i>Rubus Fruticosus</i> ) .....	108
107 RA - INFLUENCIA DEL AGREGADO DE INULINA Y ACEITES HIDROGENADOS SOBRE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE CHOCOLATE BLANCO LIBRE DE SACAROSA .....	109
108 RA - EVALUACIÓN DEL SECADO DE TRIGO MEDIANTE SÓLIDOS ADSORBENTES” .....	110
109 RA - PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y CAPACIDAD BIOCONTROLADORA DE LEVADURAS KILLER EN MICROVINIFICACIONES .....	111
110 RA - INCIDENCIA DE LA COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA DE QUESOS ELABORADOS CON LECHE MEZCLA OVEJA-BÚFALA EN EL FLAVOR DEL PRODUCTO FINAL .....	112
111 RA - CONSUMO DE SUSTRATOS Y FORMACIÓN DE PRODUCTOS DE CULTIVOS SIMULTÁNEOS DE LEVADURAS VÍNICAS Y <i>Oenococcus oeni</i> EN CONDICIONES DE VINIFICACIÓN .....	113
112 RA - EFECTO DE LA PRESENCIA DE HIERRO EN LA VIABILIDAD DE <i>L. casei</i> EN UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE CALABAZA .....	114
113 RA - RESIDUOS DE CALABAZA ( <i>Cucurbita moschata</i> Duchesne ex Poirlet) COMO SOPORTE DE <i>Lactobacillus casei</i> .....	115
114 RA - ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN FÚNGICA EN POLEN APÍCOLA PARA CONSUMO HUMANO.....	116
115 RA - RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN POLIFENÓLICA DE LOS VINOS ESPUMOSOS Y LA FORMACIÓN DE LA ESPUMA.....	117
116 RA - CEREZAS LISTAS PARA CONSUMO - APLICACIÓN DE RAYOS UV .....	118
117 RA - OPTIMIZACIÓN DE CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE UN QUESO UNTABLE PROBIÓTICO CON COLESTEROL REDUCIDO. ....	119
118 RA - CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS, TEXTURALES, MICROESTRUCTURALES Y SENSORIALES DE YOGURES PROBIÓTICOS CON COLESTEROL REDUCIDO.....	120
119 RA - PERFIL DE TEXTURA (TPA) EN MEDALLONES DE SURUBI SOMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE COCCION .....	121
120 RA - UTILIZACION DE MICROTALCO NATURAL EN LA EXTRACCION DE ACEITE DE OLIVA .....	122
121 RA - CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE VINOS: FILTRACIÓN TRADICIONAL VS MONITORES DESCARTABLES.....	123

122 RA - PRESENCIA DE LEVADURAS OSMÓFILAS EN PLANTAS ELABORADORAS DE JUGO DE UVA CONCENTRADO.....	124
123 RA - VALIDACIÓN DE UN MODELO PROBABILÍSTICO PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO DE <i>Dekkera bruxellensis</i> EN VINOS .....	125
124 RA - FLUIDOS VISCOSOS MOVIDOS CON BOMBA CENTRÍFUGA: PROCEDIMIENTO PARA EL TRAZADO DEL OJO DE SUCCIÓN .....	126
125 RA - RECUBRIMIENTO COMESTIBLE ACTIVO SOBRE HAMBURGUESAS DE PESCADO COCIDAS Y REFRIGERADAS. ....	127
126 RA - MEDALLONES DE SURUBÍ APTO PARA CELIACOS.....	128
127 RA - CRITERIO ESTADÍSTICO DE VALIDACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA ESTIMAR EL CRECIMIENTO DE UNA CEPA DE ARQUEA TERMOACIDÓFILA .....	129
128 RA - ESTUDIO DE DIFERENTES FORMAS DE INCORPORACIÓN DE INULINA A UNA MATRIZ QUESERA.....	130
129 RA - GALLETAS DULCES LIBRES DE GLUTEN CON AGREGADO DE OKARA.....	131
130 RA - EXTRACCIÓN DE AGAR DE <i>Gelidium crinale</i> DE LA COSTA NOR-PATAGONICA DE ARGENTINA .....	132
131 RA - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RICA-RICA ( <i>Acantholippia deserticola</i> ) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR .....	133
132 RA - APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS Y ADICIÓN DE FIBRAS DE ORIGEN VEGETAL PARA LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALCHICHAS TIPO VIENA .....	134
133 RA - EVALUACIÓN DEL POTENCIAL POLIFENÓLICO DE UVAS BONARDA DE LA ZONA ESTE DE MENDOZA CON APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN .....	135
134 RA - FORMULACION DE FACTURAS DE PANADERIA ADICIONADAS CON HARINA DE ALGARROBA.....	136
135 RA - CAMBIOS FISICOQUIMICOS EN MUSCULOS BOVINOS SOMETIDOS AL PROCESO DE LIOFILIZACION.....	137
136 RA - CAPACIDAD ENZIMÁTICA DE TRES POLIGALACTURONASAS PARA LA SOLUBILIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE ORUJO DE MANZANAS Y PERAS DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO.....	138
137 RA - ANÁLISIS DE LA MACERACIÓN ENZIMÁTICA DE ZAPALLO EMPLEANDO PROTOPECTINASA-SE DE <i>Geotrichum klebahnii</i> Y Pgzyme de <i>aspergillus sojae</i> .....	139
138 RA - MODELADO DEL TRANSPORTE MULTIFÁSICO EN MEDIOS POROSOS PARA SIMULAR EL PROCESO DE SECADO CON MICROONDAS DE ALIMENTOS OSMODESHIDRATADOS: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LOS PERFILES DE TEMPERATURA, CONTENIDO DE AGUA Y PRESIÓN INTERNA.....	140
139 RA - ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE POBLACIONES DE <i>P. Nalgiovense</i> EN EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS ARTESANALES DE ARGENTINA USANDO MARCADORES SRAP-PCR .....	141
140 RA - CALIDAD DE CUBOS DE PAPAS MINIMAMENTE PROCESADOS .....	142
141 RA - RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA RETARDAR EL DETERIORO DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS MÍNIMAMENTE PROCESADOS .....	143

142 RA - EVALUACIÓN DEL POTENCIAL POLIFENÓLICO DE UVAS BONARDA DE LA ZONA ESTE CON APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN .....	144
143 RA - ALMACENAMIENTO DE ANCO DESHIDRATADO OSMOTICAMENTE. EFECTO SOBRE EL COLOR, TEXTURA Y COMPOSICION DE LA ATMOSFERA .....	145
144 RA - TEST DE PUNTAJE COMPUESTO PARA LA ELECCIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA ADECUADO EN MUESTRAS DE ANCO .....	146
145 RA - EFECTO DE SALES EN LA CONSERVACIÓN DE CUBOS DE ANCO DESHIDRATADOS OSMÓTICAMENTE .....	147
46 RA - EFECTO DE LA OXIGENACIÓN EN LA EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE VINOS BLANCOS .....	148
147 RA - OPTIMIZACION DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN DE ALBÚMINA SÉRICA BOVINA .....	149
148 RA - CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL MACROLIGANDO CÉLULA-CIBACRON BLUE PARA LA SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS.....	150
150 RA - CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CERVEZA PILSEN TIPO ALE: COMPARACIÓN DE CEPAS DE <i>Saccharomyces</i> Y <i>Brettanomyces</i> .....	151
151 RA - ESTABILIZACIÓN DE GALATO DE EPIGALOCATEQUINA EXTRAÍDO DE TE VERDE POR ENCAPSULACIÓN EN BETA-CICLODEXTRINA .....	152
ÁREA INGENIERÍA QUÍMICA, PETROQUÍMICA Y MINERALURGÍA      RESÚMENES .....	153
01 RQ- ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD TÉRMICA DEL POLI (3-HIDROXIBUTIRATO), PHB..	154
02 RQ- ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SÍNTESIS DE CARBONES ACTIVADOS MAGNÉTICOS .....	155
03 RQ- PROPUESTA DE UN NUEVO PRECIPITANTE PARA LA SEPARACIÓN DE CALCIO, MAGNESIO Y LITIO DESDE UNA SALMUERA DE LITIO .....	156
04 RQ - ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE MUESTRAS DE CARBÓN ACTIVADO PREPARADO A DISTINTAS TEMPERATURAS DE CARBONIZACIÓN Y DE SU PERFORMANCE EN PROCESOS DE ADSORCIÓN .....	157
05 RQ - SÍNTESIS DE UNA RESINA DE INTERCAMBIO IÓNICO Y EVALUACIÓN DE SU EFICIENCIA COMO MÉTODO DE PRECONCENTRACIÓN Y ESPECIACIÓN DE CROMO .....	158
06 RQ - INFLUENCIA DE LA MATERIA PRIMA SOBRE EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ÁCIDO BÓRICO .....	159
07 RQ - SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COPOLÍMEROS EN BLOQUE P(HEMA- <i>g</i> -CL- <i>b</i> -CL) .....	160
08 RQ - DIAGNÓSTICO DE FALLA EN UNIONES SOLDADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ENSAYO NORMALIZADAS .....	161
09 RQ - EFECTO DEL SOLVENTE EN DIFERENTES RELACIONES AGUA / LIMONENO PARA LA OBTENCION DE TERPINEOL.....	162
10 RQ - ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR METALMECÁNICO EN SAN RAFAEL, MENDOZA. ARGENTINA .....	163
11 RQ - DETERMINACION DE LA CINETICA E ISOTERMAS DE ADSORCION DE $\alpha$ -ENDOSULFAN Y ENDRIN CON CARBÓN ACTIVADO .....	164



12 RQ - CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN MINERAL DE URANIO PARA SU POSTERIOR TRATAMIENTO METALÚRGICO .....	165
13 RQ - DESHIDRATACIÓN DE METIL TERT-BUTIL ÉTER (MTBE) CON LÍQUIDO IÓNICO PRÓTICO DE CADENA CORTA .....	166
14 RQ - OBTENCIÓN DE LITIO METÁLICO A PARTIR DE SUS SALES; DISEÑO DE UN MÉTODO ELECTROQUÍMICO .....	167
15 RQ - ELEMENTOS DE UN MODELO TERMODINÁMICO PARA EL ACOMPLEJAMIENTO DEL CATIÓN LITIO CONTENIDO EN SALMUERAS NATURALES .....	168
16 RQ - ALGORITMOS DE ESTIMACIÓN DE DISTRIBUCIONES EN PARALELO APLICADOS AL DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN EN PLANTAS QUÍMICAS.....	169
17 RQ - ESTUDIO DE FORMULACIÓN DE EMULSIONES VINIL-ACRÍLICAS PARA RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES.....	170
18 RQ - DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN AUTOCLAVE PILOTO APLICANDO COMO MEDIO DE CALENTAMIENTO CASCADA DE AGUA.....	171
19 RQ - VALIDACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE TRAZAS DE ALUMINIO, MANGANESO, MOLIBDENO Y ZINC EN SUEROS PARENTERALES MEDIANTE ICP- OES .....	172
20 RQ - ESTUDIO DE LA DISOLUCIÓN DE PEROXÍDO DE CALCIO PARA SER EMPLEADO EN REACCIONES DE FENTON.....	173
21 RQ - MODIFICACIONES A UN CATALIZADOR HETEROGÉNEO EN SISTEMA FENTON A PH NEUTRO PARA LA REMOCIÓN DE BENCENO .....	174
22 RQ - SEPARACIÓN DE LA MEZCLA ETANOL/AGUA POR PERVAPORACIÓN EMPLEANDO MEMBRANAS DE POLI(3-HIDROXIBUTIRATO).....	175
23 RQ - ESTUDIO DE SORCIÓN DE MEZCLAS CICLOHEXANO/TOLUENO Y METANOL/TOLUENO EN MEMBRANAS DE POLI(3-HIDROXIBUTIRATO) .....	176
24 RQ - CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS PROTECTORAS DE POLIÉTERÉTERCETONA (PEEK) PARA APLICACIONES INDUSTRIALES .....	177
25 RQ - RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS NANOESTRUCTURADOS REALIZADOS POR DEPOSICIÓN ELECTROFORÉTICA SOBRE ACERO INOXIDABLE PARA SU USO EN INGENIERÍA DE TEJIDOS.....	178
26 RQ - TENSIONES GENERADAS POR GOLPE DE ARIETE .....	179
27 RQ - EFECTO DEL TIPO DE SOLVENTE EN LA OBTENCIÓN DE ISOPULEGOL A PARTIR DE CITRONELAL UTILIZANDO ZIRCONIA SULFATADA COMO CATALIZADOR.....	180
28 RQ - INFLUENCIA DE LA ALTERACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PÓRFIDOS AURÍFEROS. EVALUACIÓN MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS. (ULTRASONIDOS Y ANÁLISIS GEOQUÍMICOS).....	181
29 RQ - MODELIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLOR EN MORTEROS EXPUESTOS A DIFERENTES AMBIENTES .....	182
30 RQ - OBTENCIÓN DE FAME POR VÍA ENZIMÁTICA UTILIZANDO ACEITE DEL COCO DE LA PALMERA ACROCOMIA ACULEATA Y ETANOL.....	183

31 RQ - DESORCIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN PELÍCULAS SOPLADAS DE NANOCOMPUESTOS DE POLIPROPILENO/TALCO .....	184
32 RQ - ANÁLISIS DE CALIDAD DE TEÑIDO EN FIBRA DE ALGODÓN USANDO LÍQUIDOS IÓNICOS PRÓTICOS .....	185
33 RQ - DESARROLLO DE FILMS DELGADOS A PARTIR DE COPOLÍMEROS BLOQUE CON MORFOLOGÍA CONTROLADA.....	186
34 RQ - DESCRIPTORES MOLECULARES Y CONTRIBUCION DE GRUPOS PARA ESTIMAR LA TEMPERATURA DE FUSIÓN DE LÍQUIDOS IÓNICOS .....	187
35 RQ - EVALUACION EXPERIMENTAL DE PARAMETROS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS DE INTERES REGIONAL .....	188
36 RQ - DIFUSION DE OXÍGENO EN TUBERIAS POLIMERICAS EN INSTALACIONES DE CALEFACCION.....	189
37 RQ - SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLI (DIMETILSILOXANO) (PDMS) EMPLEANDO POLIMERIZACIÓN POR APERTURA DE ANILLO (ROP) Y BASES INORGÁNICAS .....	190
38 RQ - MODELADO Y SIMULACION DE LA DESTILACIÓN MOLECULAR APLICADA A MEZCLAS MULTICOMPONENTES .....	191
39 RQ - ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE UN CICLÓN.....	192
40 RQ - LA EXPLOTACIÓN ACTUAL DE LITIO EN ARGENTINA. ESTUDIOS PRELIMINARES DE INTELIGENCIA ESTRATÉGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BATERÍAS DE LITIO NACIONALES .....	193
41 RQ - COMPORTAMIENTO DE MATRICES SÓLIDAS NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE SOLUCIÓN DE PILAS ALCALINAS.....	194
ÁREA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES                      RESÚMENES .....	195
01 RAm - DETECCIÓN DE NECESIDADES FORMATIVAS E INFORMATIVAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS. PROYECTO DEL ÁREA QUÍMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA .....	196
02 RAm - DEGRADACION DE MATERIA ORGANICA PRESENTE EN AGUAS POR REACCIONES DEL TIPO FENTON A TRAVES DE MEMBRANAS DE OXIDO DE HIERRO .....	197
03 RAm - INFLUENCIA DE LOS SOLVENTES EN LA IDENTIFICACION DE LOS HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS DEL AIRE DE CUCUTA.....	198
04 RAm - MODELADO MATEMÁTICO DE LA CINÉTICA DE SECADO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	200
05 RAm - USO DE RESIDUOS OLEOSOS PARA LA OBTENCIÓN DE POLÍMEROS.....	201
06 RAm - FERTILIZANTES ORGÁNICOS SÓLIDOS A PARTIR DE PRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA: CARACTERIZACIÓN DEL LIGANTE LÍQUIDO .....	202
07 RAm - CINETICA DE DEGRADACION DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA GRAFICA MEDIANTE FOTOXIDACIÓN.....	203
08 RAm - ELIMINACION DE BARROS/TINTAS DE ALTA CARGA ORGÁNICA EN UN EFLUENTE DE LA INDUSTRIA GRAFICA: ESTUDIO DE CASO. ....	204

09 RAmB - CALIDAD DEL AIRE DE VILLA DEL ROSARIO-NORTE DE SANTANDER COLOMBIA Y LA INFLUENCIA DE LA COMBUSTIÓN VEHICULAR.....	205
10 RAmB - EL DESINTERES DE LA COMUNIDAD Y LA INCORRECTA GESTION MUNICIPAL CONTRIBUYENDO EN LA FORMACION DE BASURALES .....	206
11 RAmB - OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE REMOCIÓN DE DIELDRIN Y TRANSCLORDANO EN AGUA.....	207
12 RAmB - CINÉTICA Y ESTEQUIOMETRÍA DE LA DEGRADACIÓN AEROBIA DE BISFENOL A Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS POR BARROS ACTIVADOS .....	208
13 RAmB - CARACTERIZACIÓN MEDIANTE ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL DESAGÜE FORNATTI, GENERAL ALVEAR MENDOZA .....	209
14 RAmB - HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN .....	210
15 RAmB - AMORTIZACIÓN DEL COSTO DE TUBOS ENTERRADOS PARA ACONDICIONAMIENTO DE AMBIENTES EN VIVIENDAS .....	211
16 RAmB - MODELADO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN TERMOTANQUES SOLARES HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES BAJO EXIGENCIAS NORMALES DE USO .....	212
17 RAmB - FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DE JUJUY CONTAMINADOS CON PLOMO EMPLEANDO TRES ESPECIES VEGETALES .....	213
18 RAmB - UTILIZACION DE REACTORES BIOLOGICOS DE CONTACTO PARA ESTUDIOS DE REMOCION DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS .	214
19 RAmB - USO DEL TERMOSTATO, UN MODO SIMPLE DE AHORRAR ENERGÍA EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN .....	215
20 RAmB - VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EXERGÉTICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN .....	216
21 RAmB - MODELADO MATEMÁTICO DEL ABATIMIENTO DE FLÚOR EN AGUAS DE CONSUMO MEDIANTE HUESO SINTÉTICO .....	217
22 RAmB - APLICACIÓN DE GEOTECNOLOGIAS PARA LA DELIMITACION Y ANALISIS DE FUENTES DE ARENA EN EL VALLE DEL BERMEJO. ....	218
23 RAmB - DEGRADACIÓN DE LODOS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA INDUSTRIA CARNICA POR MEDIO DE LA LOMBRICOMPOSTA .....	219
24 RAmB - MÉTODO DE VALORACIÓN PARA DETERMINAR EL IMPACTO ECONÓMICO RESULTANTE DE LA INCORRECTA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	220
25 RAmB - EVALUACIÓN QUÍMICA Y EN OPERACIÓN DE LA CALIDAD DE BIODIESEL PRODUCIDO A PARTIR DE ACEITE DE OLIVA NO COMESTIBLE.....	221
26 RAmB - RELEVAMIENTO PRELIMINAR DE NIVELES SONOROS URBANOS EN EL MICROCENTRO DE POSADAS, MISIONES. ....	222
27 RAmB - REUTILIZACION DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL AUTOCLAVE EN LA ELABORACION DE CONSERVAS .....	223
28 RAmB - UTILIZACION DE DISPENSER DOSIFICADOR DE ANALOGO DE FEROMONA DE <i>Grafolita molesta</i> EN TECNICA DE CONFUSION SEXUAL .....	224
29 RAmB - FANGOS DE COPAHUE MADURADOS IN SITU .....	225

30 RAmb - DETERMINACION DE LA TOXICIDAD DE UN EFLUENTE INDUSTRIAL SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Lactuca sativa</i> (lechuga) .....	226
31 RAmb - OBTENCIÓN DE INÓCULOS MICROALGALES EN FOTOBIOREACTORES PARA PROCESOS DE ESCALADO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITES PARA BIODIESEL .....	227
32 RAmb - BIODEGRADACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO CON PRETRATAMIENTO ABIÓTICO .....	228
33 RAmb - GESTIÓN DEL RIESGO EN LA GASIFICACIÓN TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA.....	229
34 RAmb - CAPACIDAD GENERADORA DE BIOGÁS DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLEÍCOLA MENDOCINA .....	230
35 RAmb - CODIGESTIÓN DE GUANO DE GALLINA CON PAPA Y TOPINAMBUR .....	231
36 RAmb - CAPACIDAD GENERADORA DE BIOGÁS DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL TOMATE.....	232
37 RAmb - CARACTERIZACIÓN INMEDIATA DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EMPLEANDO RESIDUOS OLIVÍCOLAS Y OLEÍCOLAS. ....	233
38 RAmb - PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA DE MAR PARA PROCESOS MINEROS MEDIANTE APROXIMANTES DE PADÉ Y REDES NEURONALES .....	234
39 RAmb - PROCESAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LANUS .....	235
40 RAmb - BALDOSAS CERAMICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA MINERA Y VIDRIO .....	236
41 RAmb - TECNOLOGÍA DE SENSORAMIENTO REMOTO PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CALEFONES SOLARES.....	237
42 RAmb - CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GÉNEROS FÚNGICOS EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS TRADICIONALES Y ORGÁNICOS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO .....	238
43 RAmb - PURIFICACION DEL 8-DODECENILACETATO A PARTIR DE LA MEZCLA OBTENIDA EN SU SINTESIS .....	240
44 RAmb - SELECCIÓN DE CEPAS DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA CON HABILIDAD DECOLORANTE .....	241
45 RAmb - MONITOREO DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO.....	242
46 RAmb - CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GÉNEROS FÚNGICOS EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS TRADICIONALES Y ORGÁNICOS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO .....	244
47 RAmb - FANGOS DE COPAHUE MADURADOS IN SITU .....	246
EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA RESÚMENES .....	247
01 RE - ACTIVIDADES LÚDICAS EN EL AULA VIRTUAL: SU INCORPORACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO .....	248

02 RE - INCONVENIENTES EN LA CONSTRUCCIÓN Y USO DE DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE EN CURSOS DE FÍSICA BÁSICA CON APLICACIÓN A LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS.....	249
03 RE - EL FORO VIRTUAL COMO HERRAMIENTA FORTALECEDORA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA NO QUÍMICAS.....	250
04 RE - LOS MODELOS EN LA INGENIERÍA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	251
05 RE - LA IMPORTANCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA ASIGNATURA “SUSTENTABILIDAD” EN LA CURRÍCULA DEL INGENIERO AGRÓNOMO EN ARGENTINA.	252
06 RE - TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO DESDE LA UNIVERSIDAD PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE COMUNIDADES SALUDABLES EN RELACIÓN CON EL CONSUMO DE ALIMENTOS .....	253
07 RE - LA ARTICULACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO ENTRE QUÍMICA GENERAL Y TERMODINÁMICA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS COMO ESTRATEGIA PARA FAVORECER APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS.....	254
08 RE - DETERMINACIÓN DE CARGAS CRÍTICAS DE PANDEO DE PLACAS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS: IMPLEMENTACIÓN PEDAGÓGICA ORIENTADA A LA ENSEÑANZA DE MÉTODOS NUMÉRICOS.....	255
09 RE - EDUCACIÓN EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. NUEVO MODELO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DESDE EL CAMPUS VIRTUAL DE LA FCEIA .....	256
10 RE - ¿POR QUÉ FLOTAN O SE HUNDEN LOS CUERPOS? PENSAMIENTOS DE ALUMNOS UNIVERSITARIOS.....	257
11 RE - ESPACIOS DE INTERACTIVIDAD PARA EL APRENDIZAJE COMPLEJO DE CONCEPTOS DE MATEMÁTICA AVANZADA.....	258
12 RE - “LAS AUTOBIOGRAFÍAS ESCOLARES COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: UNA INNOVACIÓN DIDÁCTICA” .....	259
13 RE - “LA ARGUMENTACIÓN EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL DOCENTE DE LOS ALUMNOS DEL PROFESORADO EN QUÍMICA” .....	260
14 RE - PROGRAMA INNOVADOR PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN CURSOS DE GRADO. ....	261
15 RE - ARTICULACIÓN VERTICAL ENTRE ASIGNATURAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA. ....	262
16 RE - EPISTEMOLOGÍA DE LA QUÍMICA Y SUS POSIBLES VINCULACIONES CON EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA .....	263
17 RE - CARRERAS CORTAS: CASO DE ANALISIS - TECNICATURA SUPERIOR EN PROGRAMACION .....	264
18 RE - TESIS EMPRENDEDORA: EL USO DE LAS PATENTES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS PROYECTOS FINALES O TESIS PARA LA GENERACION DE EMPRENDIMEINTOS LOCALES INNOVADORES .....	265
19 RE - APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODO Y TIEMPOS COMO HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO.....	266

20 RE - ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES MULTISERVICIO UTILIZANDO METAHEURÍSTICAS .....	267
21 RE - USO DE HERRAMIENTAS DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TICs) EN LA DOCENCIA: CAZA DEL TESORO-ADITIVOS ALIMENTARIOS. ....	269
22 RE - AMINAS BIÓGENAS COMO TEMA INTEGRADOR EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS . 270	
23 RE - ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA TENDIENTES A EVITAR LA DISOCIACIÓN ENTRE MATEMÁTICA Y LAS TECNOLÓGICAS.....	271
24 RE - PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA ELÉCTRICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA .....	272
25 RE - IMPACTO DEL USO DEL AULA VIRTUAL EN LA ASIGNATURA ELECTROTECNIA APLICADA .....	273
26 RE - PROTOTIPO PARA RACIONALIZAR EL USO DE AGUA EN LABORATORIOS DE DOCENCIA.....	274
27 RE - DIAGNOSTICO EN EL USO Y APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACION EN LOS NIVELES PRE UNIVERSITARIO Y UNIVERSITARIO.....	275
28 RE - SIMULACIÓN Y PROYECTO DE EXPERIENCIA EN EL LABORATORIO DE FÍSICA I . 276	
29 RE - EXPERIENCIA DE MEJORA EN EL RENDIMIENTO ACADEMICO EN LA CATEDRA DE ANALISIS MATEMATICO II.....	277
30 RE - FABRICACIÓN PRÁCTICA DE QUESOS UNA EXPERIENCIA DE ARTICULACIÓN ENTRE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS Y LA ESCUELA AGROTECNICA. ....	278
31 RE - TRATAMIENTO DEL MOVIMIENTO DE ROTOTRASLACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO HACIENDO USO INTEGRADO DE TIC'S Y ELEMENTOS TRADICIONALES .....	279
32 RE - PROGRAMA DE ORIENTACIÓN PEDAGÓGICA PARA INGENIEROS COMO DOCENTES UNIVERSITARIOS.....	280
33 RE - LA TABLA PERIÓDICA COMO REPRESENTACIÓN PARA SU COMPRENSIÓN Y ENSEÑANZA.....	281
34 RE - PROBLEMAS DE FÍSICA VINCULADOS A LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS, CIVIL Y QUÍMICA .....	282
35 RE - LAS TIC INCORPORADAS A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA: UNA PROPUESTA INNOVADORA PARA EL CURSADO ALTERNATIVO EN UN CUATRIMESTRE PASIVO.....	283
36 RE - MINERALES ARCILLOSOS COMO SOPORTES PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUA: ADSORCIÓN DE COLORANTES .....	284
37 RE - EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN REPOSITORIO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE EN LA UTN - FRRE.....	285
38 RE - IMPLEMENTACION DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO: LIXIVIACION DE BICARBONATO DE POTASIO MEDIANTE EXTRACCION BATCH EN LAZO ABIERTO .....	286
39 RE - INTEGRACION DE CONOCIMIENTO EN SISTEMAS DE REPRESENTACION GRAFICA. APLICACIÓN AL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA PLANTA LACTEA .....	287



40 RE - WIKI COMO RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA .....	288
41 RE - ACREDITACIÓN DE CARRERAS DE POSGRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO: EXPERIENCIAS LUEGO DE MAS DE UNA DECADA .....	289
42 RE - METODOLOGIA PARA GENERAR INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS PRODUCTIVOS .....	290
43 RE - INTEGRACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE: EXPERIENCIAS, PROBLEMAS Y SIMULACIONES DE FÍSICA .....	291
44 RE - LAS TIC Y LOS NUEVOS ESCENARIOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE .....	292
45 RE - ANÁLISIS DE LA COHERENCIA ENTRE LOS SISTEMAS SIMBÓLICO Y LINGÜÍSTICO PRESENTES EN LOS LIBROS DE TEXTO PARA LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE MOVIMIENTOS OSCILATORIOS Y ONDAS MECÁNICAS.....	293
46 RE - EL SISTEMA PERIÓDICO: PROBLEMAS HISTÓRICOS, EPISTEMOLÓGICOS Y PEDAGÓGICOS .....	294
47 RE - DIFICULTADES EN LA COMPRESIÓN DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA.....	295
48 RE - IDEAS DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA SOBRE FLOTACIÓN DE CUERPOS.....	296

**ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA  
DE LOS ALIMENTOS  
RESÚMENES**

## **01 RA - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECANICAS Y FISICOQUIMICAS EN PELICULAS COMESTIBLES A BASE DE HIDROCOLOIDES.**

**MORENO, J. M.<sup>1</sup>; BOHORQUEZ, Y.<sup>2</sup> VALENZUELA R. C.P.<sup>3</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Calle 69 con Carrera 19. Ibagué. Colombia**

**E-mail: [jhustymeliza@gmail.com](mailto:jhustymeliza@gmail.com)**

**2. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena. Código Postal 730006299. Ibagué – Tolima – Colombia.**

**3. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena. Código Postal 730006299. Ibagué – Tolima – Colombia.**

### **Resumen**

Las películas comestibles consolidan una tecnología alternativa que conservan al máximo las características de las frutas y las hortalizas, mediante la prevención de la deshidratación, la permeabilidad a los gases, el crecimiento microbiano, la rancidez oxidativa y el pardeamiento enzimático, envases ecológicos los cuales reducen la dependencia del petróleo y otros recursos no renovables en la comercialización de los productos agrícolas disminuyendo un número de riesgos para la salud de los consumidores, por ejemplo, la migración de aditivos nocivos del embalaje al alimento.

Los hidrocoloides son polímeros de alto peso molecular (polisacáridos y proteínas) que tienen una gran afinidad por el agua donde se dispersan y forman soluciones coloidales, la efectividad de estas películas varía según su composición, proceso de formación, biodegradabilidad y comestibilidad, su capacidad de barrera de vapor de agua, sus propiedades mecánicas (como tensión, punción y rompimiento) y físicas (como color, textura, olor y sabor).

Se utilizaron como principales hidrocoloides: caseinato de calcio al 0,1%, gelatina al 0,2% y goma gellan al 0,5%, teniendo en cuenta trabajos precedentes en los que se obtuvieron resultados de vida útil importantes en la conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus*) procedente del cañón del Combeima (Ibagué – Tolima), pretratada con agentes endurecedores. Por ello, el objetivo de este proyecto fue evaluar el comportamiento físico químico y mecánico del recubrimiento bajo diferentes condiciones de acidez y pH así como el sistema de mezclado. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico STATGRAPHIC's - Centurion.

Se evidenciaron películas solubles y permeables, requiriendo la adición de agentes funcionales (Aceite de Canola al 0,125%), emulsificantes (Tween 80 al 0,25%) y plastificantes (Glicerol al 0,1%) para mejorar este comportamiento. Se observó mayor resistencia a la punción, tensión y al rompimiento entre los pH de 5,4 y 6,6. Los resultados de la investigación permiten que se profundice y socialicen alternativas y aproximaciones en torno a prácticas ambientales y de conservación alimentaria, sostenibles y responsables.

## 2 RA - OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA ACTIVACIÓN DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE (PHB/PCL) CON NISINA

MOLINA V., CORREA J.P., EISENBERG P., BLANCO MASSANI M.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Av. Gral. Paz 5445, San Martín (B1650WAB), Buenos Aires (Argentina)

E-mail: [ymolina@inti.gob.ar](mailto:ymolina@inti.gob.ar)

### Resumen

En los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías para extender la vida útil y mejorar la calidad/higiénico sanitaria de los alimentos. La nisina es un péptido producido por *Lactococcus lactis* que puede utilizarse en la fabricación de envases poliméricos con actividad antimicrobiana. En este trabajo se determinaron los parámetros cinéticos y de equilibrio de adsorción para la activación de una película polimérica biodegradable de Polihidroxibutirato/Policaprolactona (PHB/PCL) con nisina, para su potencial aplicación en la industria de alimentos.

La película polimérica se obtuvo mediante la mezcla de PHB/PCL (50/50) en mezclador discontinuo y posterior termo-compresión (170 °C, 100 bar). Para estudiar la cinética y equilibrio de adsorción se pusieron en contacto con nisina a 30°C probetas de la película. Se evaluó la influencia del tiempo (1 a 120 min) y la concentración de nisina (200 a 8000 UI/ml) en la activación. Luego de los tratamientos se determinó la actividad antimicrobiana de las probetas frente a *L. plantarum* CRL691 y se expresó como área inhibición relativa. Una vez definidos los parámetros óptimos de adsorción de nisina en la película se evaluó su actividad antimicrobiana frente a *Listeria innocua* 7.

Si bien se obtuvo una película activa a partir de 1 min de contacto con nisina, el equilibrio de adsorción se alcanzó a partir de 15 min. La nisina presentó una isoterma de adsorción tipo Langmuir en la película de PHB/PCL, con un punto de saturación a partir de una solución de 4000 UI/ml.

La película obtenida presentó actividad antimicrobiana frente a *L. plantarum* CRL691 y *L. innocua* 7.

El desarrollo de este trabajo permitió optimizar los parámetros para obtener una película biodegradable de PHB/PCL activa frente a *L. plantarum* y *L. innocua*. Estos resultados constituyen el punto de partida para el escalado y producción continua de películas biodegradables con actividad antimicrobiana.

## **03 RA - VERIFICACIÓN DE LA SUPOSICIÓN DE PROBETA INFINITA EN LA DETERMINACIÓN DE DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN VEGETALES**

**LAMI, J. C.; VÁZQUEZ CASTILLA, E. A.; CÁCERES, R. E.**

**Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Avda. Libertador 1109 (Oeste). 5400 San Juan. Argentina. E-mail: [jlami@unsj.edu.ar](mailto:jlami@unsj.edu.ar)**

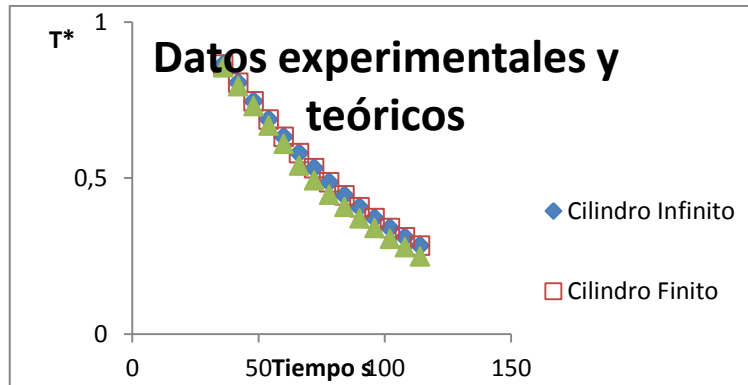
### **Resumen**

Estamos abocados al estudio de la contaminación de alimentos con arsénico por la cocción con aguas contaminadas, ya que la ingesta diaria total de ese cancerígeno es debida a su consumo con el agua de bebida y con la comida. Para poder realizar el modelado matemático de la cocción es imprescindible conocer propiedades físicas de los alimentos a temperaturas elevadas, como es el caso de la difusividad térmica. Para su determinación la suposición de geometría infinita simplifica los cálculos.

El objetivo de este trabajo es confirmar que para las probetas ensayadas, la suposición de geometría infinita es correcta. Existen trabajos que dan criterios para considerar a una geometría como infinita, pero ellos no son concluyentes.

La metodología consiste en: 1. Utilizar las soluciones de la ecuación de transferencia de calor en estado no estacionario para placa semi infinita y cilindro infinito. 2. Obtener probetas cilíndricas del material a ensayar. 3. Sumergir las probetas en agua hirviendo y medir el devenir de la temperatura. 4. Graficar logaritmo natural de  $T^*$  (relación entre la diferencia de temperatura de un punto de la probeta con la del medio calefactor y la diferencia de temperatura inicial de la probeta y la del medio calefactor) versus tiempo. 5. Obtener pendiente y ordenada al origen de la zona lineal (donde  $Fo > 0,2$ ). Mediante el uso de un algoritmo de optimización aplicado a las soluciones del ítem 1 truncadas en el primer término, calcular para geometría finita la difusividad térmica, la posición exacta de la termocupla y los autovalores. Con los autovalores calcular  $Bi$  (Biot) para cilindro infinito y placa semiinfinita. 6. Con los Biots recalcular, para cilindro infinito y placa semi infinita con las series hasta el término 12 la  $T^*$ , para geometría infinita y finita. Si existiera concordancia se puede asumir que la geometría es infinita.

La siguiente figura muestra los resultados de los valores experimentales y calculados de  $T^*$  versus tiempo, para el caso ensayado de probetas de zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) con  $L/D = 6,12$ .



La concordancia entre valores experimentales y teóricos para probeta finita e infinita, verifica la asunción de geometría infinita en este caso.

Adicionalmente, con los valores experimentales de densidad y contenido de humedad del zapallo, se estimaron valores de conductividad térmica (modelo de Sweat) y calor específico (ecuación de Siebel), dando valores de difusividad térmica de igual orden de magnitud que los obtenidos con nuestro procedimiento.



**04 RA - METODOLOGÍA IN VITRO PARA DETERMINAR LA TOLERANCIA A  
LA DIGESTIÓN GÁSTRICA DE CEPAS DE *Lactobacillus plantarum*  
ADICIONADAS A PULPA DE FRAMBUESA**

**KLEINJAN, V.<sup>1</sup>; CORIA, S.R.<sup>1</sup>; OCHOA, M.R.<sup>1</sup>, LUJÁN, M.I.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional del  
Comahue, 25 de Mayo y Reconquista (8336) Villa Regina, Río Negro, Argentina.  
E-mail: [lujanmaisa@yahoo.com.ar](mailto:lujanmaisa@yahoo.com.ar)**

**Resumen**

Las frambuesas (*Rubus idaeus*) pertenecen al grupo de las frutas pequeñas (berries), son frutos de reducido tamaño, coloración que va del rojo oscuro al amarillo, sabor agridulce y rápida perecibilidad. Son ricos en vitaminas C y E, carbohidratos, fibras y azúcares, siendo la Patagonia Argentina una de las zonas de producción más importante del país en este tipo de cultivares. Se consumen en fresco, como mermeladas o conservas, y poseen actividad antioxidante, lo que confiere importantes efectos benéficos sobre la salud. Algunos jugos de fruta han sido utilizados como vehículos de bacterias probióticas, por un lado para ampliar la oferta de alimentos funcionales y por otro lado para satisfacer la demanda de consumidores que no consumen lácteos. En el país no existen antecedentes publicados sobre la factibilidad del empleo de la fruta propuesta para vehiculizar microorganismos probióticos.

El objetivo de este trabajo es determinar la capacidad de la pulpa de frambuesa para ser fermentada por cepas probióticas de *Lactobacillus plantarum*. Se usó pulpa de frambuesa, de frutas cosechadas en El Bolsón, Patagonia Argentina. Se utilizaron dos cepas de *L. plantarum* (INLAIN 813 y 998). Las experiencias de fermentación se realizaron con 40 g de pulpa, previamente esterilizadas a 121°C durante 15 min, inoculadas al 2% con los cultivos de *L. plantarum* e incubadas a 37°C en estufa de cultivo durante 24 h. La simulación gástrica se realizó a tiempo 0 y luego de las 24 h de fermentación. La cepa *L. plantarum* 998 disminuyó 0,48 log UFC/g a las 24 horas de fermentación. Mientras tanto, la cepa *L. plantarum* 813 disminuyó 1,59 log UFC/g. Aunque el cultivo de cepas ácido lácticas redujo su viabilidad celular durante la fermentación, los recuentos a las 24 horas de fermentación son iguales o mayores que 6,00 log UFC/g.

Los resultados preliminares obtenidos permiten indicar que las pulpas utilizadas constituyen buenas matrices para la elaboración de un nuevo alimento funcional por fermentación con cepas de *L. plantarum*.

## **05 RA - INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS COMO HERRAMIENTA PARA VERIFICACIÓN DE SU GENUINIDAD**

**GONZALEZ, V. N.<sup>1</sup>; JORDAN, P. E.<sup>1</sup>; BALANZA, M. E.<sup>1</sup>; SANTIBAÑEZ, M. E.<sup>1,2</sup>;  
NIETO, L. R.<sup>1</sup>; CERVANTES, M. R.<sup>1</sup>**

**1 Laboratorio de Servicios a Terceros, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria,  
Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375, (5600) San Rafael, Mza,  
Argentina. E-mail: [mbalanza@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mbalanza@fcai.uncu.edu.ar)**

**2 Becaria cofinanciada CONICET – UNCuyo.**

### **Resumen**

El queso es un alimento conocido desde tiempos ancestrales, siendo tradicional en nuestra cocina el consumo de queso rallado acompañando pastas de todo tipo y otros platos de consumo frecuente, aún en los estratos sociales de menores recursos. Por su elaboración, la materia seca de los quesos madurados está constituida principalmente por proteínas y grasa láctea, con menor proporción de minerales y muy escasa cantidad de hidratos de carbono (lactosa residual). En la actualidad se comercializa queso rallado (que debe provenir de quesos de baja y/o mediana humedad aptos para el consumo humano y puede ser parcialmente deshidratado) envasado en diversas presentaciones (todas generalmente muy atractivas), estando muy difundidos los sobres termosellados de 30 a 40 g de contenido neto, con una amplia variedad de marcas comerciales y de precios. Por otra parte, los nutrientes determinados en cualquier producto alimenticio no deben diferir en  $\pm 20\%$  de los valores declarados como información nutricional en el rótulo, la cual es obligatoria.

Siendo los productos comerciales, por su presentación y costo, susceptibles de sufrir adulteraciones, el objetivo del trabajo fue evaluar su genuinidad en base a la información nutricional, tanto declarada en el rótulo como determinada mediante análisis.

Metodología: se obtuvieron muestras de quesos rallados o productos comercializados como tales en envases de 30 o 40 g, de las marcas disponibles en comercios minoristas de San Rafael (Mza), analizando, mediante metodología oficial, humedad, cenizas totales, proteínas, lípidos y sodio. La presencia de sustancias extrañas se evaluó por microscopía óptica directa.

Resultados: Excepto en las marcas líderes, se encontraron productos adulterados con agregado de materiales amiláceos, detectados por microscopía, y/o suero de queso. En esos casos, la variabilidad respecto a los valores declarados fue: hidratos de carbono: no mensurable ya que declara 0; proteínas y lípidos: - 12% a - 45%; sodio: +60% a +250%. Entre las marcas halladas se encontraron también productos sucedáneos denominados “Alimento a base de...” o “Aderezo...” que declaran como ingredientes queso rallado, sólidos lácteos y sémola o almidón modificado, pero con letras muy pequeñas y de escasa visibilidad, en presentaciones tan similares a los quesos, que inducen a engaño al consumidor. En esos casos las diferencias entre los valores reales de nutrientes y los declarados superaron ampliamente el  $\pm 20\%$  permitido en todos los parámetros.

Se concluye que la contrastación del contenido real de los distintos nutrientes con la composición declarada, complementada con la observación microscópica es una herramienta útil para evaluar la genuinidad de los quesos rallados y sus sucedáneos.

## **06 RA - EFECTO DEL DESGOMADO SOBRE EL CONTENIDO DE CERAS DEL ACEITE DE GIRASOL**

**LAMAS, D. L.; CECI, L.N. CONSTENLA, D.**

**Planta Piloto de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Sur-CONICET. La Carrindanga Km 7 - (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires. Argentina.**

**E-mail: [dlamas@plapiqui.edu.ar](mailto:dlamas@plapiqui.edu.ar)**

### **Resumen**

Las ceras son componentes naturales del aceite de girasol, cuya presencia influye sobre la calidad y estabilidad del mismo. Las ceras se dividen en 3 fracciones, respecto de su solubilidad en el aceite. La fracción de ceras con menos de 40 átomos de carbono, se denomina soluble, las ceras que contienen entre 40-43 átomos de carbono constituyen la fracción parcialmente soluble, y la fracción de ceras con número de átomos de carbono mayor o igual que 44 se denomina cristalizables. El descerado, se refiere a la eliminación de ceras de alto punto de fusión; que son las responsables de la turbidez de los aceites cuando se los expone a condiciones de almacenamiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los procesos de desgomado acuoso y enzimáticos sobre el contenido de ceras de un aceite de girasol de extracción crudo. Las ceras se analizaron por cromatografía en columna de gel de sílice hidratado seguida por cromatografía gaseosa capilar (CC-CGC) con inyección “on-column”. El aceite fue desgomado con agua (3 %, v/m) a 75 °C o utilizando las enzimas fosfolipasa A1 (PLA1) y lípido aciltransferasa (LAT) en condiciones optimizadas previamente (temperatura, pH del buffer, dosis de enzima y relación buffer/sustrato). Los aceites desgomados se recuperaron por centrifugación (2400 g, 10 min). Las ceras cristalizables (C44-C48) fueron las más afectadas. Así, el proceso de desgomado acuoso disminuyó el contenido de ceras cristalizables 43,1 % en promedio, mientras que los procesos de desgomado enzimático lo redujeron más significativamente (58,7 % con PLA1 y 61,9 % con LAT, respectivamente). Los procesos enzimáticos redujeron también más significativamente las ceras parcialmente solubles cuando se los comparó con el proceso de desgomado acuoso. La tecnología de desgomado enzimático demostró una más efectiva remoción de ceras que el proceso de desgomado acuoso, sumado a su reconocida eficiencia para eliminar los fosfolípidos esencialmente no hidratables. Esta mayor efectividad de los procesos enzimáticos, se debería a la capacidad de las enzimas para reducir la viscosidad y facilitar la separación de las fases oleosa y acuosa durante la etapa de centrifugación, aumentando el rendimiento de aceite y arrastrando las ceras insolubles en la fase acuosa semisólida. El uso de estos procesos de desgomado enzimáticos tiene la ventaja de una menor exigencia para el proceso posterior de descerado, facilitando así el proceso global de refinado.

## **07 RA - CONGELACIÓN DE ALIMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL ALMACENAJE**

**BATTISTÓN, R.; ROGGIERO, A.; ROGGIERO, E.; HERRERA, C; PULVIRENTI, P.**

**Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - San Rafael, Mendoza, Argentina**  
**E-mail: roggieroaugusto@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

Se realizó un estudio del proceso de congelación en cinco alimentos para determinar el efecto del proceso de cambio de fase, así como su almacenamiento congelado durante 2 meses. Se seleccionaron cinco alimentos (pulpa de durazno, masa de pizza cruda, pan tipo mignon, queso tipo Pategrás y milanesas de pollo), los cuales fueron caracterizados en su forma fresca y congelada, midiendo su contenido de humedad, temperatura y tiempo de congelación, densidad, propiedades termofísicas y atributos texturales. Todos los alimentos fueron comprados en locales comerciales. Los ensayos se realizaron por quintuplicado, obteniéndose en todos los resultados un valor de  $p < 0.05$ . Las curvas de congelación se obtuvieron midiendo el cambio de temperatura en función del tiempo. La descongelación de los productos se llevó a cabo en un horno de microondas comercial. La determinación de humedad de las muestras almacenadas se realizó cada semana a lo largo de los dos meses, por medio del método 930.15 AOAC.. La determinación de las propiedades termofísicas (conductividad y la resistividad) se realizó utilizando el instrumento KD2. A la pulpa de durazno y a la masa de pizza cruda se les determinó la densidad utilizando el picnómetro de Grease. Al pan se le midió la densidad aparente AACC 1986. Para el queso la densidad se obtuvo por la división de la masa de la muestra entre su volumen. La masa se obtuvo con una balanza analítica, mientras que el volumen se obtuvo por desplazamiento de agua destilada medido en una probeta. Para evaluar la textura se utilizó el texturómetro TA.TX2. La humedad en los alimentos varió desde 32 hasta 97%, con temperaturas de congelación muy variadas, de  $-4.10^{\circ}\text{C}$  para el pulpa de durazno ( $12^{\circ}\text{Brix}$ ), hasta  $-18.2^{\circ}\text{C}$  para la las milanesas de pollo. Para la determinación del tiempo de congelación se usó la ecuación de Plank en que los errores fueron menores a 27%. La densidad se mantuvo constante y sin efecto significativo del almacenamiento congelado. La conductividad térmica resultó más baja para el pan 0.07, y más alta para la pulpa fresca 0.49, las conductividades aumentaron para el alimento congelado con valores extremos de 0.06 para el pan y de  $1.51 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  para la pulpa. La conductividad de la mayoría de los alimentos estudiados fue predicha con errores menores al 25% por la ecuación de Spells. La textura fue la propiedad más afectada por la congelación y el almacenamiento.

**08 RA - EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA EN RATONES ALIMENTADOS CON  
UN CONCENTRADO PROTEICO DE LA ALMENDRA DE HIGERILLA  
DESTOXIFICADA (*Ricinus communis*)**

**LUCAS, B.<sup>1\*</sup>; ROMERO, P.<sup>1</sup>; RAMÍREZ, J.<sup>2</sup>; CASTILLO, M.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> Depto. de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química y <sup>2</sup> Depto. de Patología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Delegación Coyoacan, C.P. 04510, México, D. F. México.**

**\*E-mail: berlucas@unam.mx**

**Resumen**

México cuenta con una amplia biodiversidad vegetal la cual no es aprovechada y un recurso vegetal subutilizado es el caso de la semilla de higuera (*Ricinus communis*), la cual es una oleaginosa con alto potencial proteico alimenticio; sin embargo, este recurso vegetal contiene factores tóxicos naturales, por lo cual no es posible utilizarlo directamente con fines comestibles. La finalidad del trabajo consistió en la purificación del material biológico (destoxificación) realizando un seguimiento de los tóxicos residuales; para contar con un concentrado proteico de la almendra de higuera destoxificado (**CPAHD**) y con este preparado evaluar su toxicidad aguda y crónica por vía oral en ratones ICR recién destetados. La evaluación toxicológica del CPAHD, consistió en primera instancia determinar su DL<sub>50</sub>, para conocer su grado de toxicidad y que el producto resultará con baja toxicidad o relativamente inocuo. Contando con la anterior evaluación, realizar el ensayo de toxicidad crónica en el mismo modelo biológico, probando tres dosis diariamente del CPAHD por vía oral y a la vez dos lotes de animales como controles para comparar los resultados tanto de parámetros clínicos como subclínicos, dentro de los que cabe destacar: crecimiento corporal, eficiencia alimenticia, citometría hemática, química sanguínea, examen morfológico e histológico de varios órganos. Dentro de los resultados más relevantes tenemos que el estudio duro 14 semana (98 días), sin que los animales manifestaran síntomas clínicos adversos comparados contra los controles respectivos; además, al realizar el estudio estadístico de los parámetros clínicos como subclínicos cuantitativos, no se encontró diferencia significativa estadísticamente al compararlos contra los lotes de animales controles. Los anteriores resultados fueron corroborados por el estudio histológico de los siguientes órganos: bazo, corazón, hígado, pulmones y riñones. Con los resultados de la evaluación toxicológica a corto plazo del CPAHD, se logro considerar el preparado como “relativamente inocuo” y con base en el estudio crónico se estableció provisionalmente, una dosis donde no se observa efecto tóxico (**NOEL**) en experimentación animal, que fue de 11,446 mg/kg p.c.-día

## **09 RA - ENCAPSULACIÓN EN MATRICES CONTINUAS DE CINAMALDEHÍDO EXTRAÍDO POR ULTRASONIDO DE LA CANELA. EFECTO DEL ESTADO FÍSICO DE LA MATRIZ**

**ORTIZ-HUERTAS J.A.<sup>1</sup>; BUERA, M. P.<sup>1,2</sup> ; ELIZALDE, B.E.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Departamento de Industrias, Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (1428), Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. Tel/Fax 054 (11) 4576-3366. <sup>2</sup>CONICET**

**E-mail: [betty@di.fcen.uba.ar](mailto:betty@di.fcen.uba.ar)**

### **Resumen**

La encapsulación de biomoléculas lábiles es una técnica muy utilizada en la industria alimentaria ya que protege a los materiales encapsulados de diferentes factores externos manteniendo su estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento. La eficiencia de la encapsulación y la estabilidad de las moléculas lábiles pueden ser analizadas en relación a las propiedades físicas de la matriz deshidratada y sus interacciones con el compuesto encapsulado. El cinamaldehído, compuesto mayoritario en el aceite esencial de canela, es conocido por sus propiedades aromáticas, antisépticas y antimicrobianas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la retención del cinamaldehído encapsulado en un almidón modificado (HI-Cap100), en relación a las propiedades de sorción y estado físico de la matriz. Como fuente de cinamaldehído se utilizó uno comercial y otro natural de canela extraído por ultra sonido. El proceso de extracción fue optimizado con el fin de obtener el máximo porcentaje de extracción. Una solución al 40% P/P de HI-Cap 100 y 1g de cinamaldehído y Tween 20 se mezclaron con un agitador mecánico. La emulsión resultante fue homogeneizada con un Ultraturrax T25, congelada y liofilizada. Dicha matriz fue almacenada en cámaras de humedad relativa (HR%) constante (0, 22, 43, 75, 92 %) a 25° C durante 120 días. La encapsulación del cinamaldehído natural se efectuó de manera similar pero remplazando el agua por la solución extraída por ultrasonido. El porcentaje de cinamaldehído encapsulado se determinó espectrofotométricamente a 285nm. Las temperaturas de transición vítrea fueron evaluadas por calorimetría diferencial de barrido (DSC). Las condiciones óptimas de la extracción fueron: tiempo 30 minutos y el solvente más eficiente: agua. La ecuación de GAB fue adecuada para describir las isothermas de sorción de los sistemas estudiados. El porcentaje de retención de cinamaldehído fue función de la HR. Entre 0 y 43 % de HR % de retención de cinamaldehído disminuyó, incrementándose a 75% para disminuir a mayores HR. A bajas HR la matriz permaneció en el estado vítreo mientras que a partir de 75% se produjo el colapso estructural de la matriz obteniéndose una retención mayor. A HR mayores la matriz adquirió alta movilidad molecular y entonces la retención disminuyó nuevamente. Estos resultados muestran que la retención del cinamaldehído fue determinada por el estado físico de la matriz, que está relacionada con el colapso estructural de la misma. Esto puede contribuir al conocimiento de los factores fisicoquímicos que afectan la retención de biomoléculas lábiles encapsuladas en matrices deshidratadas.

## **10 RA - EVALUACIÓN DE UN SENSOR DE BIOMASA BASADO EN PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES PARA CULTIVO DE *Chlorella***

**DIAZ, C.<sup>1</sup>; FONOLLÁ, A.<sup>1</sup>; BARÓN, J.<sup>2</sup>; CODINA, M.F.<sup>2</sup>**

**1. CONICET. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario Edificio 6, M5502KAF, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [carodiazb78@gmail.com](mailto:carodiazb78@gmail.com)**

**2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario Edificio 6, M5502KAF, Mendoza. Argentina**

### **Resumen**

Este trabajo muestra el desarrollo y evaluación inicial de un sensor de biomasa basado en el procesamiento de imágenes digitales. Fundamentado primordialmente en la variación del color que se observa durante el cultivo de *Chlorella sp.* como ya es conocido y se ha investigado previamente (Carvalho et al, 2004) esto se debe principalmente a la variación en la composición química del cultivo, en su mayoría de clorofila, lípidos y nutrientes, a medida que las microalgas van creciendo y evolucionando (López et al, 2006).

La metodología usada es la extracción de muestras fotográficas en las diferentes fases de cultivos, para aislarla de las condiciones lumínicas externas e internas se construye un dispositivo tipo cámara oscura basado en Córdoba et al, 2010. Se define la región de interés a trabajar (ROI) de 150 x 75 Píxeles y se realizan pruebas con las imágenes teniendo en cuenta los distintos modelos de color. Para este prototipo se partirá usando el modelo RGB que se basa en las componentes de los tres colores primarios para formar cada color, focalizando la atención en las componentes de verde que predominan en el uso del alga que se está cultivando *Chlorella sp.* Se lee la imagen obtenida para cada muestra, la imagen del tipo RGB es representada por tres planos, cada plano RED GREEN y BLUE por una matriz de  $m \times n$ . Se separa los tres planos y se trabaja con el plano GREEN una vez que la imagen ha sido homogeneizada. A este plano se le aplica filtro de media que entrega como resultado una matriz. Luego procesando los valores de esta matriz se obtiene un valor que es directamente proporcional a la biomasa contenida en cada fase de crecimiento.

Los resultados obtenidos en las primeras pruebas experimentales muestran una relación directamente proporcional entre el valor obtenido al procesar la imagen y la biomasa contenida. El espectro de colores en las distintas fases de desarrollo del cultivo se puede diferenciar, detectar y cuantificar. Lo que resulta un desarrollo muy atractivo para implementar en la industria del biodiesel dado su bajo coste económico.

## **11 RA - COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS, GRADO DE HIDRÓLISIS Y TAMAÑO DE PÉPTIDOS DEL ENSILADO BIOLÓGICO DE *Merluccius hubbsi***

**FERNÁNDEZ HERRERO, A. L.<sup>1</sup>; VITTONE, M.<sup>1</sup>; SALOMONE, A.<sup>1</sup>; MANCA, E.<sup>1</sup>.**

**1 - Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP.**

**Paseo Victoria Ocampo N°1. Mar del Plata. Argentina.**

**E-mail: [aherrero@inidep.edu.ar](mailto:aherrero@inidep.edu.ar)**

### **Resumen**

Durante los distintos procesos que se realizan para agregar valor a los productos pesqueros, desde su captura hasta su comercialización, se generan residuos que causan problemas ambientales, debido principalmente a su inadecuada disposición. Sin embargo estos residuos tienen un gran potencial para ser utilizados como insumos para la elaboración de piensos para animales, dada su composición en proteínas y grasas de alto valor biológico.

Con el objetivo de lograr un aprovechamiento integral de los recursos marinos a través de procesos menos contaminantes y más económicos, se procedió a la elaboración de ensilado biológico a partir de residuos (cabeza y vísceras) de *Merluccius hubbsi*. Se utilizó un inóculo de yogur natural (10%); sacarosa (10%) como fuente de carbohidratos y ácido sórbico (0,25%) como antimicótico. Se determinó el contenido de humedad, proteína, lípidos y cenizas, y se estudió la composición en aminoácidos, el índice de aminoácidos esenciales (IAA), grado de hidrólisis (GH) y tamaño de péptidos para estimar el valor nutricional del ensilado obtenido mediante fermentación ácido láctica.

Los índices de aminoácidos esenciales (IAA) calculados en base a la referencia de las necesidades de aminoácidos de la FAO/WHO/UNU (1985) y de aminoácidos para carpa común (*Cyprinus carpio*) según el listado de Tacon (1989), revelan al triptófano como el aminoácido limitante, seguido por la fenilalanina y la metionina, mientras que el resto de los aminoácidos están presentes en cantidades suficientes o en exceso como la leucina para juveniles de carpa común, al igual que para pollos y cerdos. En cuanto al Grado de hidrólisis proteica (GH) se observó que en los primeros días la hidrólisis se produjo lentamente (12,68% al día 10). A partir del día 17 aumentó considerablemente la hidrólisis (19,96%), coincidiendo con la estabilización del pH en 5,2. Esto se correlaciona con la disminución en la proporción de proteínas mayores a 20,6 kDa que comienzan a hidrolizarse gradualmente, llegando al día 27 a una hidrólisis del 42,34% donde prevalecen proteínas de entre 49,1 y 80 kDa, y péptidos menores a 7,1 kDa consistente con el avance de la fermentación láctica.

Los resultados observados en el presente trabajo sugieren que el ensilado de *M.hubbssi* obtenido por fermentación láctica, podría ser utilizado como una fuente alternativa de proteína para la alimentación animal, debido a su alto valor nutricional, composición química y grado de hidrólisis.

**PALABRAS CLAVE:** merluza, *Merluccius hubbsi*, ensilado biológico, grado de hidrólisis; péptidos.



## 12 RA - SECADO CONVECTIVO DE GÍRGOLAS (*Pleurotus ostreatus*)

ROLANDELLI, G <sup>1</sup>; AGUERRE, R <sup>1,2,3</sup>; OJEDA, C <sup>4</sup>; PANTUSO, F <sup>2,3</sup>

1. Departamento de Cs. Básicas y Experimentales, UNNOBA, Argentina.
  2. Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, Argentina.
  3. Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales. Universidad de Morón.
  4. Laboratorio Central, Universidad Nacional de Luján, Argentina
- E-mail: [rjaguerre@gmail.com](mailto:rjaguerre@gmail.com)

### Resumen

La aceptación de setas cultivadas está ampliamente extendida en todo el mundo y se consideran como un manjar. Debido a su sabor, se han utilizado como alimento y aromatizante durante siglos. La seta del *Pleurotus ostreatus* (gírgola) es de sabor agradable y posee proteínas, minerales y bajas cantidades de carbohidratos y grasas, constituyendo un alimento dietético excelente. Las setas frescas tienen una vida útil corta. Por lo tanto, es necesario que se comercialicen prontamente después de la cosecha o se conserven, utilizando procesos de secado y almacenamiento en frío. El secado es un método eficaz de preservación porque conserva las setas retirando el agua suficiente para inactivar las enzimas y microorganismos. Las setas así conservadas tienen un sabor agradable y el secado evita su deterioro. La humedad de las gírgolas frescas es de 70-95% (b.h.), dependiendo de la época de la cosecha y las condiciones ambientales, mientras que el de las setas secas es cerca del 10%(b.h.). El secado es un proceso simultáneo de transferencia de calor y masa, cuyo modelizado matemático ha demostrado ser útil para el diseño y análisis de estos procesos de transferencia. Durante el proceso de secado, los materiales no rígidos, sufren encogimiento. Si el encogimiento durante el secado es ideal, la reducción de volumen será equivalente al volumen de agua removida hasta que se produce la transición vítrea. La finalidad del presente trabajo es estudiar de la cinética de secado a 40, 50, 60 y 70°C. Se utilizó gírgola, con menos de 72 hs de cosechado. El material se cortó en discos de 35 mm de diámetro 6 mm de espesor, se colocó sobre una rejilla de alambre, secándose en estufa con circulación de aire. Para evaluar la cinética de secado se realizó el pesaje del material cada 15 minutos durante el proceso. Las curvas de secado obtenidas muestran una marcada convexidad, típica de los materiales que sufren encogimiento durante la deshidratación, sugiriendo que el material se encuentra en estado gomoso durante el secado. Para el análisis de los experimentos se recurrió a la solución de tiempos cortos de la segunda ley de Fick. Se observó que el incremento de la temperatura de tratamiento redujo el tiempo de secado. La deshidratación se desarrolló en el período de velocidad decreciente: sin observarse velocidad de secado constante en este estudio. Los coeficientes de difusión obtenidos a 40, 50, 60 y 70°C resultan ser 3.82, 5.80, 7.36 y 9.34  $\times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> respectivamente, que pueden representarse adecuadamente mediante la expresión de Arrhenius obteniéndose una energía de activación es de 26.18 kJ/mol.

## 13 RA - DESARROLLO DE COLOR EN CHAMPIÑONES FRESCOS Y DESHIDRATADOS

VRANIC, M.<sup>2,3</sup>; ROLANDELLI, G.<sup>1</sup>; AGUERRE, R.J.<sup>1,2</sup>; ROSSI, A.<sup>1,2</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA)

<sup>(2)</sup> Universidad Nacional de Luján (UNLu)

<sup>(3)</sup> Instituto Tecnología de Alimentos-INTA-Argentina

E-mail: [mlvranic@gmail.com](mailto:mlvranic@gmail.com)

### Resumen

Los hongos son altamente perecederos, con una vida útil de tres días a temperatura ambiente y diez días en refrigeración. El pardeamiento enzimático es el principal factor de pérdida de calidad durante el período poscosecha. Mediante la activación de la tirosinasa, se produce la oxidación de compuestos fenólicos presentes en el alimento. La enzima cataliza la oxidación de monofenoles a difenoles, que posteriormente se oxidan a quinonas, generándose pigmentos marrones, negros o rojos, por posterior polimerización tornando al alimento inaceptable. El secado constituye una alternativa para prolongar la vida útil de los hongos, pero las altas temperaturas y los cambios estructurales producidos por la deshidratación favorecen la ruptura de las membranas celulares, permitiendo la interacción entre los distintos componentes del alimento. Como consecuencia del proceso el hongo pierde su característico color blanquecino, generando la aparición de colores pardos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios de color de los hongos deshidratados a diferentes tiempos y temperaturas. Se evaluaron champiñones frescos (C, n = 20), cortados en mitades transversalmente, sometidos a 3 tratamientos de deshidratación en hornos convencionales: T1 (2hs-105°C, n = 11), T2 (6½hs-105°C, n = 20) y T3 (9hs-80°C, n = 11). Se realizaron 5 lecturas de color sobre la parte externa del sombrero y 5 sobre la parte interna con un colorímetro triestímulo (Konica Minolta CR-400). Se utilizó el espacio de color  $L^*a^*b^*$  (CIELAB); Se calculó el índice de browning como:  $IBROW = [100(x - 0.31)]/0.17$ , donde  $x = (a^* + 1.75L^*)/(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)$ . Se realizó un ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) sobre cada uno de los parámetros registrados y sobre el índice. Se encontraron diferencias significativas para la interacción ( $p < 0.05$ ) para todos los parámetros evaluados, y para el efecto anidado únicamente en  $b^*$ . El efecto tratamiento es mayor que el efecto lado y éste es mayor que la variabilidad entre lecturas para todas las variables. El control supera en luminosidad a los tres tratamientos, en ambos lados del sombrero. Para los hongos frescos, la luminosidad del lado externo es mayor que del interno. El lado externo es más luminoso que el lado interno para T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>. El parámetro  $a^*$  se desplaza hacia los rojos y  $b^*$  hacia los amarillos, aumentan con la intensidad de los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, y el lado interno es mayor que el externo. El IBROW aumenta con la intensidad del tratamiento térmico, el valor interno supera al valor externo en todos los casos.

## **14 RA - CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS, Y FÍSICOQUÍMICAS DE LAS PROTEÍNAS MUSCULARES DE ALETAS Y TENTÁCULOS DE CALAMAR (*Illex argentinus*)**

**SUAREZ, D.M.<sup>1</sup>; CRUPKIN, M. <sup>1</sup>; PAREDI, M.E.<sup>1 2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Ruta 226 km 73,5 Balcarce, Argentina. E-mail: meparedi@mdp.edu.ar**

**2. Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia de Buenos Aires. Argentina. Email: elima\_1930@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

El calamar (*Illex argentinus*) es una de las especies de cefalópodos más importante a nivel comercial por el volumen de capturas, por la talla de los ejemplares y la calidad de su carne. Se comercializa fundamentalmente congelado entero, el tubo o vaina y son considerados coproductos de su elaboración aletas y tentáculos. Existen estudios que abordan las características de las proteínas de aletas de calamar sin embargo no se cuenta con la mencionada información para tentáculos. Por lo tanto el objetivo del trabajo es determinar las características bioquímicas y fisicoquímicas de las proteínas miofibrilares de aletas y tentáculos y la posible utilización de estos últimos en elaboración de productos. Se utilizaron ejemplares de *Illex argentinus* capturados por buques de altura con poteras, los que fueron congelados en bloque (10kg) a bordo a -30°C. Se utilizaron las aletas y los tentáculos pelados. De 8 ejemplares de hembras maduras fueron y las partes anatómicas fueron analizadas individualmente. Posteriormente éstos fueron utilizados para aislar y purificar miofibrillas. El análisis de las propiedades bioquímicas y fisicoquímicas fueron realizadas mediante la determinación de la actividad de  $Mg^{2+}(Ca^{2+})ATPasa.$ , electroforesis en geles de SDS-PAGE 10%, análisis fotodensitométrico de los mismos y el índice de actividad emulsificante (IAE). Se obtuvieron las condiciones óptimas de la actividad enzimática (1,5mM ATP, 0,1mg/ml de concentración de enzima, temperatura de 30°C y tiempo de incubación de 1min. Los resultados de actividad enzimática fueron un 30 % más altos en aletas que en tentáculos y similares a las obtenidas para manto. Los perfiles electroforéticos de ambas miofibrillas mostraron la presencia de las proteínas mayoritarias características de moluscos. Los porcentajes relativos arrojaron más alto contenido de miosina y actina en aleta que en tentáculos, mientras el contenido de paramiosina fue mayor en tentáculos, esto podría estar relacionado a la presencia de colágeno que comiera con la banda de 105kDa correspondiente a paramiosina. Se observaron valores de IAE (0,37, 0,30) para aletas y tentáculos respectivamente. Estos resultados permiten indicar la funcionalidad de ambas miofibrillas y la posible utilización de las proteínas de tentáculos para la formulación de productos.

## 15 RA - MODIFICACIONES DE LAS PROPIEDADES BIOQUÍMICAS Y FÍSICOQUÍMICAS DE CORVINA RUBIA ALMACENADA EN HIELO

PAREDI, M.E.<sup>1, 2</sup>; CRUPKIN, M.<sup>1</sup>

1. Facultad de Ciencias AGRARIAS, Universidad Nacional de Mar del Plata. Ruta 226 km 73,5. Balcarce (7620).Argentina

E-mail: meparedi@mdp.edu.ar

2. CIC. Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia de Buenos Aires.

E-mail: elima\_1930@yahoo.com.ar

### Resumen

La corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) es una especie demersal que habita fondos arenosos hasta profundidades no mayores a 60m. Esta especie es capturada principalmente en la Pcia de Bs As por la flota comercial siendo destinada tanto al mercado interno como externo. Este último mercado se ha visto incrementado hacia los últimos años. Se cuenta con algunos estudios sobre las características bioquímicas y fisicoquímicas de las proteínas musculares estructurales durante el almacenamiento en frío. Y son escasos los estudios relacionados con la influencia del ciclo gonal sobre las mismas. El objetivo de este trabajo fue investigar las posibles modificaciones de las propiedades bioquímicas y fisicoquímicas de actomiosina durante el almacenamiento en hielo de corvina. Se utilizaron 24 hembras maduras en predesove, de tallas comerciales (42-52 cm de longitud), provenientes de buques comerciales. Los especímenes fueron transportados en frío al laboratorio y mantenidos en hielo (relación hielo:pescado, 1:1) por un periodo total de 10 días. Los ejemplares en postrigo temprano fueron descabezados eviscerados y los filetes utilizados para la extracción de actomiosina (AM) y solubilidad de proteínas. Las propiedades bioquímicas y fisicoquímicas de la AM se monitorearon mediante la determinación de las actividades enzimáticas ( $Mg^{2+}(Ca^{2+})$  y  $Mg^{2+}$  (EGTA) ATPasas), viscosidad reducida (VER), extractabilidad de AM, hidrofobicidad y SDS-PAGE 10%. Se observó una caída significativa de la actividad de ( $Mg^{2+}(Ca^{2+})$  ATPasa después de 2 días de almacenamiento, para disminuir posteriormente en forma gradual. La  $Mg^{2+}$ (EGTA) ATPasa de AM disminuyó hacia el final del mismo. La VER de AM mostraron un comportamiento similar al de las actividades enzimáticas. La hidrofobicidad superficial se incrementó durante los primeros dos días, no mostrando mayores cambios posteriormente. El análisis fotodensitométrico de los geles en SDS-PAGE 10% permaneció sin cambios notorios durante los primeros días, sin embargo se detectó una caída significativa ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje relativo de miosina y en la relación miosina/actina a partir del día 9 permaneciendo constante hasta el día 10. No existieron por SDS-PAGE evidencia de proteólisis. Los resultados indican que ocurre un cambio conformacional de la proteína mayoritaria durante los primeros días de almacenamiento. Este cambio conduce a la posterior desnaturalización por agregación de la miosina hacia el final del almacenamiento, lo que afectaría la vida útil de las características tecnológicas de la carne.

## **16 RA - ESTUDIO A ESCALA PILOTO DE LA FORMULACIÓN Y LA TEXTURA DE UN YOGUR BEBIBLE CON AGREGADO DE CEPA PROBIÓTICA.**

**SIMONETTI, M.; RASIA, M.; GONZALEZ ALEJANDRO, E.; GONZALEZ, R.; AGOSTINI, M.; HEGGLIN, E.; PEREZ, D.**

**Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos. Mons. Tavela 1450 (3200) - Concordia, Entre Ríos, Argentina.  
E-mail: [simonettim@fcal.uner.edu.ar](mailto:simonettim@fcal.uner.edu.ar)**

### **Resumen**

A partir de la firma de un convenio entre la Universidad Nacional de Entre Ríos, el CONICET – CERELA y la Agencia de Ciencia, Tecnología e Innovación de Entre Ríos en el año 2010 se comenzó con las acciones necesarias para la producción de un yogur probiótico para ser destinado a la población infantil de la Provincia de Entre Ríos, especialmente de sectores sociales que presentan problemas nutricionales, tratando de replicar la experiencia realizada en la Provincia de Tucumán.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la formulación y la textura de un yogur bebible con el agregado de la cepa probiótica desarrollado por CERELA, *Lactobacillus rhamnosus* CRL 1505, teniendo en cuenta las variables de proceso y el equipamiento a escala piloto.

En estudios previos se ensayó a escala laboratorio diferentes formulaciones y tratamientos térmicos. La variación en la formulación se basó en modificar los porcentajes de almidón modificado y gelatina, utilizados como estabilizantes del producto. A partir de los resultados obtenidos en dichos ensayos, se utilizaron dos relaciones gelatina/almidón modificado: 0,2%/0,7% (Formulación 1) y 0,3%/0,5% (Formulación 2). Después de una semana de obtenidos los yogures se les realizó un análisis de perfil de textura para evaluar la firmeza, la consistencia y la viscosidad.

Los valores de firmeza fueron de 10,5 g para la Formulación 1 y de 22,9 g para la Formulación 2. Los valores de consistencia fueron de 337,7 g.s y 498,73 g.s para las Formulaciones 1 y 2 respectivamente. El índice de viscosidad fue de -14,76 g.s y -158,84 g.s para las Formulaciones 1 y 2 respectivamente. Para la Formulación 1 se observó una pequeña sinéresis durante el período de prueba.

Los resultados indican que un aumento en la concentración de gelatina proporciona un yogur más firme y consistente (Formulación 2), y a pesar de que se buscó un yogur bebible, esta característica resultó ser beneficiosa para la textura final debido a que no se observó sinéresis. Esto puede deberse a que la gelatina retiene mayor cantidad de líquido y forma un gel reversible, por lo que el trabajo mecánico posterior a la fermentación que tiene el coágulo no influiría en la textura del producto final.

## **17 RA - ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ALIMENTOS VEGETALES EN ESCOLARES COMO ESTRATEGIA INDUSTRIAL**

**GIMÉNEZ, A. J.; CARRERA, G.**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales (ECANA), UNNOBA, Av. Pte. Dr. Arturo Frondizi 2640, (2700) Pergamino, Argentina.  
E-mail: joaquinjimenez\_6@hotmail.com**

### **Resumen**

En la niñez se producen cambios fisiológicos de manera constante con el nivel máximo de velocidad de crecimiento, por lo que es esencial la alimentación infantil. El crecimiento y desarrollo se ve influenciado por el consumo de alimentos fuente de vitaminas y minerales como frutas y hortalizas. Los objetivos del trabajo fueron obtener información del estado de nutrición y salud de escolares entre 6 y 12 años de la ciudad de Capitán Sarmiento (Buenos Aires), enfatizando el consumo de alimentos vegetales y evaluar, para esta afinidad, la necesidad de asentar empresas en la zona que procesen alimentos de origen vegetal. Se realizó una encuesta a 273 escolares, asumiendo una distribución normal y representativa (utilizando un intervalo de confianza del 95%). Inicialmente se pesaron y midieron sus tallas para obtener sus IMC (Índice de Masa Corporal) diferenciándolos por sexo y edad. Se analizó la variedad del consumo de frutas y verduras, la frecuencia y los hábitos. También se realizaron charlas educativas en los colegios para concientizar a los alumnos. El 51% de los niños tiene un peso sano, el 24% presenta sobrepeso y, lo más alarmante, el 25% restante posee obesidad. La población estudiada fue mayormente masculina. Sin embargo la mayor cantidad de sobrepeso y obesidad se encuentra en el sector femenino (52% vs 47%). En lo que respecta a la diferencia de obesidad y sobrepeso según las áreas geográficas, se distingue mayor cantidad de casos en el sector urbano que en el rural. El porcentaje de niños acortados es insignificante (1,47%). Mayoritariamente, en el recreo escolar no se consumen frutas (84%). Solo 10 de los 25 vegetales presentes son consumidos por más del 50% de los escolares, aun cuando en sus hogares normalmente se cocinan este tipo de productos. El 70% no consume las porciones diarias recomendadas de frutas y de las 12 que se expusieron, 9 de ellas eran consumidas por más del 50% de los niños.

Se concluye que uno de cada dos escolares en Capitán Sarmiento presenta problemas de sobrepeso u obesidad. La baja inclusión de diferentes vegetales con las vitaminas necesarias en la dieta, dificulta lograr el correcto desarrollo. Como la oferta influye en la elección del producto, debe recomendarse a las autoridades municipales que se propicie la elaboración regional de alimentos saludables de origen vegetal capaces de disminuir el consumo de alimentos hipercalóricos poco nutritivos y consecuentemente mejorar el estado nutricional de dicha población.

## 18 RA - CARACTERIZACIÓN DE BEBIDA, OBTENIDA A TRAVÉS DE INFUSIÓN DE RICA RICA (*Acantholippia deserticola*) DEL NORTE DE CHILE

FREDES, C<sup>1</sup>.; POHL G<sup>1</sup>.; LARRAZABAL M.<sup>1</sup>; MERCADO, A.<sup>2</sup>; MORALES, G<sup>3</sup>

1. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Antofagasta, Avda. Angamos 601, Antofagasta, Chile

E-mail: [maria.larrazabal@uantof.cl](mailto:maria.larrazabal@uantof.cl)

2. Depto. Biotecnología, Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos, Universidad de Antofagasta

3. Instituto Antofagasta de Recursos Naturales Renovables, Universidad de Antofagasta

### Resumen

La Rica Rica (*Acantholippia deserticola*) es una hierba nativa del altiplano chileno que ha sido usada ancestralmente tanto con fines de hidratación como medicinales, en Calama y alrededores de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta, norte de Chile. En este trabajo se evalúan características de la hierba seca diferenciando entre hoja (H) y tallo (T) y se compara con las características de hierbas comerciales de menta (Me) y manzanilla (Ma). Se caracteriza la infusión y se estudia la estabilidad en almacenamiento por 7 semanas a temperatura ambiente de bebidas pasteurizadas, en base a determinaciones de capacidad antioxidante, expresada como equivalentes de Trolox (FRAP), y del contenido de fenoles totales expresado como ácido gálico (Folin-Ciocalteu) por el método colorimétrico de Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. En hierba seca, la Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{moleq Trolox}\cdot\text{g}^{-1}$ ) fue significativamente mayor ( $p<0,05$  mayores) en hoja de rica rica (224) que en menta (168), manzanilla (166) y tallo (132). El contenido de fenoles totales ( $\text{mmolac. Gálico}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de menta (53) fue significativamente mayor que el de manzanilla (17), hoja (2,3) y tallo (1,3). En la infusión de rica rica (1g:250 ml y 5 min de reposo), en comparación a las hierbas comerciales, se observó que el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de las infusiones de rica rica alcanzaron valores de 10,1  $\mu\text{mol/L}$  y 69,2  $\mu\text{mol/L}$ , para menta valores de 22,8  $\mu\text{mol/L}$  y 72,7  $\mu\text{mol/L}$  y para manzanilla valores de 7,2  $\mu\text{mol/L}$  y 71,8  $\mu\text{mol/L}$  respectivamente. En la bebida de rica rica, envasadas en botellas de vidrio de 250 ml, pasteurizadas (100°C x 10 min), los compuestos fenólicos aumentan significativamente durante el tiempo de almacenamiento, a temperatura ambiente, en un intervalo de 2.1 a 8.4  $\mu\text{mol/L}$  al igual que la capacidad antioxidante que varía desde 61,1 a 69,4  $\mu\text{mol/L}$  durante el periodo de estudio. Se obtuvieron recuentos de microorganismos mesófilos por debajo de la norma chilena establecida para este tipo de productos y en ninguna de las infusiones se detectó crecimiento de coliformes. Los resultados de este estudio, indican que la hierba seca de rica rica, especialmente la hoja, presenta características biológicas interesantes como son la capacidad antioxidante, superiores a las encontradas en hierbas comerciales. La elaboración de bebidas, a partir de esta hierba representa una alternativa natural a otras bebidas existentes en el mercado. Pasteurizada a 100°C\*10 min, se mantiene estable desde el punto de vista sanitario.

## 19 RA - UTILIZACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN VEGETALES ACOPLANDO LA CINÉTICA DE INACTIVACION DE PEROXIDASA

PEREZ, J.F.<sup>1</sup>; SANTOS, M.V.<sup>1,2</sup>; CALIFANO, A.<sup>1</sup>; ZARITZKY, N.<sup>1,2</sup>

1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI- UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.

E-mail: [zaritzkynoemi@gmail.com](mailto:zaritzkynoemi@gmail.com)

2. Dto. De Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de la UNLP, La Plata. Argentina.

### Resumen

Los repollitos de Bruselas (*Brassica oleracea gemmifera*) poseen componentes nutritivos importantes necesarios en la dieta diaria. Por esta razón existe una tendencia en aumentar su consumo como vegetales pre-cocidos congelados, generando así una alternativa práctica. La Peroxidasa (POD) es una enzima presente en estos vegetales y se la utiliza como indicadora del tratamiento térmico. El sector industrial requiere la definición de parámetros cinéticos que aseguren la calidad final del vegetal congelado, específicamente constantes cinéticas de inactivación térmica enzimática y energías de activación. Para un tratamiento térmico óptimo se recomienda una concentración residual de POD de 7.5-11% en repollitos de Bruselas (Williams y col., 1986) dado que una inactivación completa de dicha enzima implicaría una pérdida de atributos organolépticos y nutricionales en el producto final. En este sentido los objetivos del trabajo son determinar: a) las constantes cinéticas de reacción de las isoenzimas peroxidasa (POD) termolábil y termo-resistente cuantificando la fracción inicial de cada enzima, b) acoplar la cinética de inactivación a modelos numéricos de transferencia de energía para simular numéricamente la etapa de pre-cocción. Se realizaron experimentos de laboratorio midiendo la actividad enzimática de POD en repollitos de Bruselas a distintas temperaturas y tiempos de calentamiento. Se detectó un comportamiento bifásico de primer orden y mediante regresiones se encontró que las constantes cinéticas de la fracción resistente tienen valores entre  $3,85 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  (Desvío estándar,  $DS=3,64 \times 10^{-4}$ ) y  $7,47 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  ( $DS=2,43 \times 10^{-4}$ ) en el rango entre 75-90 °C. Para ese mismo rango de temperaturas las constantes de la fracción lábil estuvieron entre  $3,11 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  ( $DS=2,04 \times 10^{-3}$ ) y  $7,87 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  ( $DS=1,792 \times 10^{-3}$ ). Las energías de activación fueron  $5,63 \times 10^4 \text{ J/mol}$  ( $DS=2,98 \times 10^3$ ) y  $6,25 \times 10^4 \text{ J/mol}$  ( $DS=1,87 \times 10^3$ ) para la isoenzima termolábil y resistente, respectivamente. El proceso térmico se simuló resolviendo las ecuaciones diferenciales a derivadas parciales que representan la transferencia de energía donde se tuvo en cuenta el contorno irregular del vegetal asimilando la geometría real como un sólido de revolución. Se utilizó el método de los elementos finitos dado que es un método numérico especialmente útil para resolver problemas donde existen geometrías irregulares. Se desarrolló un programa propio utilizando el lenguaje de Matlab, que permitió el acoplamiento de la cinética de inactivación enzimática. Las predicciones numéricas de las historias térmicas concordaron satisfactoriamente con los resultados experimentales para los procesos de pre-cocción a los cuales fueron sometidos los vegetales, logrando así la optimización del procesamiento integral de vegetales pre-cocidos congelados a los efectos de lograr una adecuada calidad.



## **20 RA - IDENTIFICACIÓN PARÁMETROS DIFUSIONALES EN ALIMENTOS**

**ROGGIERO, A.; BATTISTÓN, R.; ROGGIERO, E.; HERRERA, C; PULVIRENTI, P.**

**Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - San Rafael, Mendoza, Argentina**  
**E-mail: roggieroaugusto@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

El presente trabajo se basó en el desarrollo de una herramienta que permita calcular fácilmente la expresión correspondiente a un modelo difusivo que simula las curvas de secado (humedad) o la evolución del contenido energético (temperatura) de sistemas que se comporten como semiesferas mediante el uso de una hoja de cálculo ampliamente difundida, Microsoft Excel, aprovechando al mismo tiempo sus posibilidades intrínsecas. Se planteó el problema de transporte transitorio de propiedad en el interior de un sólido homogéneo e isótropo con geometría semiesférica. La aplicación del balance de propiedad en un elemento diferencial teniendo en cuenta las leyes generales adecuadas, junto con la utilización de la Ley de Conducción de Fourier y Ley de Fick. Para la obtención de los datos experimentales se utilizaron papas peladas y cortadas de forma que tuvieran una geometría similar a la semiesfera ( $R = 0.023 \text{ m}$ ). Después de realizar los pretratamientos adecuados se sometieron a un proceso de secado, durante el cual se controló la temperatura ( $65^\circ\text{C}$ ) y la velocidad del flujo de aire que incidía sobre el material, de forma tal que podría considerarse que el flujo de transferencia de humedad entre el material y el ambiente que lo rodeaba podía considerarse como muy elevado. Se realizaron 15 ensayos de deshidratado, para cada uno de ellos se determinó el valor del parámetro difusivo ( $D$ ) que mejor ajustó los datos experimentales y los calculados aplicando el modelo difusivo para sistemas que se comporten como semiesferas. Resultados obtenidos para el cálculo de valor medio calculado de la propiedad adimensional, mostraron un buen ajuste respecto de la valor medio de la propiedad, con un error  $SSE=0.000366$ , con una varianza de 0.999. Para un flujo de aire a  $65^\circ\text{C}$  se determinó la difusividad efectiva estimada ( $D$ ) hallándose el valor de  $8.497 \cdot 10^{-10} (\text{m}^2/\text{s})$ . La herramienta desarrollada permitió resolver las cuestiones siguientes: (A) cálculos puntuales de tiempo o de valor medio de la propiedad (temperatura o humedad); (B) cálculo de identificación: parámetros difusionales.

## **21 RA - PROGRAMA CON UN SOFTWARE MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE FREEZADO DE UN ALIMENTO EN LECHO FLUIDIZADO Y CON ESTUDIO ECONÓMICO.**

**MONTESANO, J<sup>1</sup>.; UGARTE, M<sup>1</sup>.; GARCÍA, D<sup>1</sup>.**

**Carrera C y T de los Alimentos, Universidad Nacional de Lanús (UNLa) 29 de Septiembre 3901, Lanús, Pcia. Bs. As. Argentina.**

**E-mail: [juanmontesano45@gmail.com](mailto:juanmontesano45@gmail.com)**

### **Resumen**

**Introducción:** La congelación y la refrigeración son dos sistemas diferentes de conservar los alimentos mediante el frío.

Mientras que la refrigeración conserva y preserva dificultando la proliferación de microorganismos a una temperatura de entre 3 a 5 °C, la congelación almacena el alimento durante mucho tiempo a una temperatura de -18°C.

Congelar es convertir el agua que el alimento posee, en cristales de hielo, quedando el alimento temporalmente deshidratado. Esto es lo que permite un mayor tiempo de conservación. La gran ventaja de la congelación es que además de conservar los alimentos, evita la proliferación de microorganismos, ya que por debajo de -10°C, el crecimiento de los mismos se detiene.

**Objetivo:** El trabajo consiste programar el proceso de freezado de arvejas a través de un lecho fluidizado, con el fin de diseñar el lecho, el equipo de refrigeración, el sistema de impulsión y evaluar económicamente los gastos de equipamiento y el costo anual de operación.

**Metodología:** Se han generado los algoritmos matemáticos apropiados: del tiempo de freezado, de las entalpías puestas en juego, de la morfología del lecho de arvejas, de la potencia necesaria del ventilador y de las expresiones empíricas para el estudio económico.

**Resultados y Conclusiones:** El programa, no solo admite introducir los datos de este ejemplo, sino que da la posibilidad de modificar las cargas, su tamaño, el tipo, temperatura final y por lo tanto obtener diferentes requerimientos energéticos, exergéticos y económicos al respecto.

El cálculo puede considerarse como una gran herramienta de la ingeniería, debido a que el mercado en los últimos años ha obligado a implantar en las empresas todas aquellas tecnologías que puedan hacer realidad los tres grandes objetivos del diseño moderno.

- ✓ Diseñar para conseguir una fabricación a un costo competitivo.
- ✓ Diseñar en orden la utilización real en servicio.
- ✓ Diseñar bien al primer intento.

## 22 RA - PIMENTÓN O PÁPRIKA: CORRELACIÓN DE COLOR ASTA Y GENUINIDAD

NIETO, L. R.<sup>1</sup>; CERVANTES, M. R.<sup>1</sup>; BALANZA, M. E.<sup>1</sup>; GONZALEZ, V. N.<sup>1</sup>;  
JORDAN, P. E.<sup>1</sup>; SANTIBÁÑEZ, M. E.<sup>1,2</sup>

1 Laboratorio de Servicios a Terceros, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria,  
Universidad Nacional de Cuyo, Bernardo de Irigoyen 375, (5600) San Rafael, Mza, Argentina.  
E-mail: [mbalanza@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mbalanza@fcai.uncu.edu.ar)

2 Becaria cofinanciada CONICET – UNCuyo.

### Resumen

La valoración comercial del pimentón (*Capsicum annuum* L.) se realiza en base a la cualidad por la que es apreciado por el consumidor: el color producido por el contenido de diversos carotenoides del fruto, el cual es afectado no sólo por la calidad y/o genuinidad del producto, sino también por el tiempo y condiciones del almacenamiento. Aunque en algunos casos el color superficial se puede medir instrumentalmente mediante escalas CIE  $L^*a^*b^*$ , el C. A. A. reglamenta valores mínimos de color ASTA (extraíble) para cada grado de selección, el cual se calcula a partir de la absorbancia de un extracto acetónico obtenido en condiciones estandarizadas, leída a 460 nm. El método da una valoración global del color del pimentón, debido a pigmentos carotenoides rojos (capsantino, capsorrubeno, ( $\lambda_{\text{emax}} = 470$  nm)) y amarillos (violaxantino, cucurbitaxantino A, mutatoxantino, zeaxantino,  $\beta$ -criptoxantino,  $\beta$ -caroteno ( $\lambda_{\text{emax}} = 450$  nm)), pero no permite diferenciar colorantes extraños adicionados con absorción en la longitud de onda de lectura o si existe deterioro carotenoides. Por otra parte, el precio y la presentación como polvo de molienda muy fina, tornan al pimentón en un producto susceptible de múltiples adulteraciones. El objetivo fue analizar la posible correlación del color ASTA con la genuinidad de pimentones comerciales de distintos grados de selección. Metodología: se obtuvieron 28 muestras de diversas calidades y marcas comerciales (incluyendo marcas líderes), de comercios minoristas de San Rafael (Mza), analizando, mediante metodología oficial, los parámetros legislados: humedad, cenizas totales e insolubles en ácido, extracto etéreo (EE) y color ASTA. La presencia de sustancias extrañas se evaluó por microscopía óptica directa. Resultados: Aunque todas las muestras analizadas presentaron parámetros físico químicos, características visuales y color normales, más del 80% de las mismas resultaron inaptas para comercialización por insuficiencia de color ASTA, falsificación o adulteración con agregado de sustancias extrañas (materiales amiláceos y/u otras estructuras vegetales detectados por microscopía) y colorantes impropios. Las muestras falsificadas (7%) presentaron visualmente color naranja muy intenso, aunque color ASTA normal. En los productos adulterados (64%) por agregado de materiales extraños coloreados artificialmente, se observaron tres situaciones diferentes: El 50% de las muestras totales mostró valores de EE normales y bajo color ASTA (60-65% del mínimo reglamentario), el 7%, EE en límite máximo y color normal y el 7% restante, una grosera adulteración con EE bajo pero color ASTA muy alto (140% del mínimo reglamentado), debido a colorante soluble en agua en medio alcalino. Se concluye que, si bien el valor del color extraíble medido a 460 nm puede excluir de aptitud para comercialización a muchos de los productos adulterados, no garantiza, por sí sólo, la genuinidad del producto, por lo que resulta imprescindible complementar el análisis con la observación microscópica y/o la identificación de colorantes.

## **23 RA - CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS PRODUCTOS COMERCIALES DE GATUZO (*Mustelus schmitti*) EN FUNCION DEL SEXO Y DEL AREA DE CAPTURA.**

**MASSA, A. E.<sup>(1,2)</sup>; VITTONI, M. C.<sup>(1)</sup>; FERNÁNDEZ COMPÁS, A. S.<sup>(1)</sup> MANCA E.<sup>(1)</sup>**

**1) Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo N°1, 7600 Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina. 2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.  
Email. [aguedamassa@inidep.edu.ar](mailto:aguedamassa@inidep.edu.ar)**

### **Resumen**

Existe un gran interés comercial por las especies cartilaginosas (tiburones, rayas y quimeras), que se refleja no sólo en la evolución de los desembarques sino también en los altos valores comerciales que adquirieron sus productos a nivel nacional e internacional. El gatujo, *Mustelus schmitti*, es el tiburón más abundante en las aguas costeras atlánticas sudamericanas (23-47°S). En Argentina, las capturas anuales oscilan en las 6000 tn. Se lo exporta entero congelado y se consume como filete en el mercado interno; asimismo el hígado presenta un importante valor comercial para la elaboración de aceite. El estudio de la composición química es importante no sólo desde el punto de vista nutricional, sino también para evaluar la aplicación de procesos tecnológicos adecuados que permitan elaborar nuevos productos comerciales. En general, la composición varía en función de factores fisiológicos (sexo, ciclo reproductivo y ontogénia) y ambientales (condiciones oceanográficas, disponibilidad del alimento). El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química y el perfil de ácidos grasos del filete y del hígado de *M. schmitti* en función del sexo y del área de captura. Las muestras fueron obtenidas en dos campañas de investigación realizada a bordo del BIP “Capitán Oca Balda”. La primera campaña cubrió la Zona Común de Pesca Argentina-Uruguay (ZCPAU, 34-37°S) y la segunda el área costera sur de Buenos Aires (38-41°S). La composición química fue determinada según AOAC (1995) y el perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa (FID). Los resultados fueron analizados mediante test ‘t’ de Student y ANOVA, P<0,05. El porcentaje de proteínas del filete fue 25,8% y los lípidos representaron menos del 1%, no encontrándose diferencias entre sexo, ni entre ejemplares capturados en distintas áreas. El perfil de ácidos grasos del filete fue: saturados 37,8%; monoinsaturados 18,7%, poliinsaturados 17,8%, siendo el contenido del ácido docosahexaenoico (DHA) de 12,6% y del ácido eicosapentaenoico (EPA) del 2,1%. El contenido proteico del hígado fue del 10,8%, no presentando diferencias entre sexo ni entre zonas. Los lípidos del hígado tampoco presentaron diferencias estadísticamente significativas, aunque un mayor porcentaje se evidencio en la región bonaerense sur (46,6%) que en ZCPAU (35,7%), dicha variación podrían asociarse a la disponibilidad cuali-cuantitativa de alimentos. El perfil de ácidos grasos del hígado fue: saturados 28,94%, monoinsaturados 34,6-36,1%, poliinsaturados 21,9- 24,2% (DHA 14,2% y EPA 5,68%). Los resultados indican que ambos tejidos presentan altos contenidos proteicos y lípidos ricos en ácidos grasos Omega-3, por lo que la elaboración de nuevos productos comerciales podría ser una alternativa estratégica para aprovechar el valor nutricional de esta especie.

## **24 RA - IMPLICANCIA DEL DESARROLLO DE *Aspergillus ochraceus* EN LA MICROBIOTA SUPERFICIAL DE EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS**

**GÜERRISSI, S.<sup>1</sup>; CANEL, R. S.<sup>1,2</sup>; WAGNER, J. R.<sup>1,2</sup>; LUDEMANN, V.<sup>1,2</sup>**

**1. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Saenz Peña 352 - (1876) Bernal, Bs. As., Argentina**

**2. CONICET. Av. Rivadavia 1917- (1033), CABA, Bs. As., Argentina.**

**E-mail: vanesa.ludemann@gmail.com**

### **Resumen**

En la elaboración artesanal de embutidos secos fermentados, los hongos que desarrollan sobre la superficie de la tripa, son los que se encuentran naturalmente en el sótano de maduración. Cuando este proceso ocurre sin control de temperatura, *Aspergillus ochraceus* puede predominar en la microbiota superficial, especialmente en verano. Su desarrollo confiere al salame un emplume amarillento y preocupa la posible producción de ocratoxina A (OTA).

Se evaluó la difusión de OTA a través de una tripa sintética mediante HPLC-fluorescencia en un medio diseñado a partir de carne, grasa y sal, el cual fue inoculado con una cepa de *A. ochraceus* toxicogénica. Asimismo, se trabajó con 8 establecimientos artesanales productores de salames, analizando la incidencia de OTA en el producto final y en las materias primas utilizadas para su elaboración (carne de vaca, carne de cerdo, grasa de cerdo, vino blanco y pimienta blanca), mediante los kits comerciales Ridascreen OTA 30/15 y AgraQuant® Ocratoxina 2/40. Además, se realizó el aislamiento e identificación a nivel de especie de los hongos superficiales.

Cuando se evaluó la difusión de la toxina al interior del producto se encontró que aunque la misma queda en parte retenida en el micelio del hongo, puede también difundir hacia el interior del salame. Esto indicaría que la presencia de un hongo toxicogénico en la superficie de estos productos implicaría un riesgo toxicológico para el consumidor; por ello es importante evitar el desarrollo de este hongo, manteniendo temperaturas adecuadas en los sótanos de maduración.

En el 53% de los salames se encontró *A. ochraceus*, representando entre el 0,25 y el 42% de la micoflora total. Respecto a la incidencia de OTA, las carnes, la grasa y el salame dieron valores por debajo del límite de detección de la técnica (<1500ppt). En el caso del vino, el 46% de las muestras dieron valores superiores al límite establecido por la UE (2ppb), pero considerando que es un ingrediente minoritario en los salames, esta incidencia no se ve reflejada en el producto final. Las pimientas dieron valores dentro de los límites establecidos por la UE (15ppb). Si bien en este estudio, los embutidos conteniendo *A. ochraceus* en su superficie, no contenían OTA en el producto final, no debe descuidarse que esta especie está reportada como posible productora de esta micotoxina, y por lo tanto debe ser monitoreada su presencia para impedir la comercialización de dichos productos.

**25 RA - USO DE L-FENILALANINA AMONIO LIASA DE *Rhodospiridium toruloides* INMOVILIZADA POR ENTRAMPAMIENTO EN MEMBRANAS CELULÓSICAS.**

**CASTAÑEDA, M. T.1; ADACHI, O.2; HOURS, R. A.1**

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**

**E-mail: [castaneda@biotec.quimica.unlp.edu.ar](mailto:castaneda@biotec.quimica.unlp.edu.ar)**

**2. Departamento de Química Biológica, Facultad de Agricultura, Universidad de Yamaguchi, Yamaguchi 753-8515, Japón.**

**Resumen**

L-Fenilalanina amonio liasa (PAL, EC 4.3.1.25) cataliza la desaminación de L-fenilalanina (L-Phe) produciendo ácido *t*-cinámico (*t*-CA) y amoníaco. PAL ha sido estudiada por su potencial uso en el tratamiento de fenilcetonuria (PKU), enfermedad congénita caracterizada por la deficiencia de las enzimas intervinientes en el metabolismo de la Phe. Como consecuencia de ello, en pacientes con PKU, la Phe se acumula en el torrente sanguíneo produciendo graves trastornos a nivel del SNC. Actualmente, el tratamiento consiste en una dieta con escaso o nulo contenido de Phe, suplementada con preparados sintéticos de aminoácidos. Dentro de los potenciales usos de PAL se encuentra la reducción del contenido de Phe en hidrolizados proteicos empleados como ingredientes alimenticios. En este trabajo se evaluó la factibilidad de uso de PAL inmovilizada por entrampamiento en membranas celulósicas, considerando su potencial empleo en la reducción del contenido de Phe en hidrolizados proteicos. Se cultivó *R. toruloides* NBRC 0559 en un medio óptimo para producción de PAL, la cual fue extraída y purificada por método de Adachi *et al.* (1990). La enzima fue posteriormente inmovilizada en membranas de celulosa (Viskase Corp., UC 8-32-25) para ser empleada en dos tipos de sistemas: a) Continuo con recirculación en columna y b) Batch con agitación. Como sustrato modelo se empleó L-Phe disuelta en buffer Tris-HCl (0,1 M, pH 8,5) con 5 mM de 2NaEDTA. La reacción se siguió espectrofotométricamente (DO<sub>290</sub>), evaluando la producción de *t*-CA.

Los mejores resultados en cuanto a la reducción de Phe se obtuvieron empleando el sistema batch con agitación en vez del sistema continuo en columna con recirculación. Esto puede deberse al efecto de la agitación que reduce el espesor de la película estanca adyacente a la membrana, aumentando la velocidad de flujo. Uno de los factores más influyentes resultó ser el espesor de membrana, ya que empleando una membrana más fina (0,0203 mm en vez de 0,0508 mm), la velocidad de reacción aumentó considerablemente. Esto implicaría que la difusión de sustrato y/o producto a través de la membrana sería el factor limitante de la velocidad de reacción. Aplicando estas mejoras pudo lograrse la eliminación completa de una solución 0,1 mM de L-Phe en 6 h. Se concluye que PAL inmovilizada por entrampamiento en membranas celulósicas es un método alternativo viable para la reducción del contenido de Phe en soluciones diluidas. Este método podría extrapolarse a sustratos más complejos como lo son los hidrolizados proteicos.

## 26 RA - CARACTERIZACIÓN Y EMPLEO DE UN BIOCATALIZADOR INMOVILIZADO PARA LA REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE L-FENILALANINA EN CASAMINOÁCIDOS

CASTAÑEDA, M. T.1; ADACHI, O.2; HOURS, R. A.1

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**

**e-mail: castaneda@biotec.quimica.unlp.edu.ar**

**Departamento de Química Biológica, Facultad de Agricultura, Universidad de Yamaguchi, Yamaguchi 753-8515, Japón.**

### Resumen

L-Fenilalanina amonio liasa (PAL) cataliza la bioconversión de L-fenilalanina (L-Phe) en ácido *t*-cinámico (*t*-CA) y amoníaco. PAL reviste importancia por su potencial uso en el tratamiento de fenilcetonuria (PKU), enfermedad genética caracterizada por la incapacidad de metabolizar la Phe. Como resultado, los pacientes con PKU sufren serios daños a nivel del SNC. Hasta la actualidad, el único tratamiento posible es una dieta con bajo o nulo contenido de Phe, suplementada con preparados sintéticos de aminoácidos.

En este trabajo se caracterizó un biocatalizador inmovilizado consistente en células de la levadura *Rhodospiridium toruloides* conteniendo PAL, con el objetivo de emplearlo en la reducción de Phe en una mezcla compleja de aminoácidos (casaminoácidos).

Se cultivó *R. toruloides* en medio óptimo para la producción de PAL, las células se resuspendieron en buffer Tris-HCl (0,1 M, pH 8,5) con 1 mM de 2NaEDTA y se inmovilizaron en matriz de alginato de calcio. El biocatalizador así obtenido se caracterizó en términos de: concentración celular (5-20 mg/ml), concentración de Phe (1-10 mM), termostabilidad (20-70°C, 10 min), temperatura óptima (20-70°C, 2 h), viscosidad del AlgNa empleado (80-120 y 300-400 cP) y reutilización. Una vez fijadas las condiciones óptimas para Phe como sustrato, se empleó el biocatalizador en columna termostatizada con 35 g/l de casaminoácidos (CAA, DIAGO), conteniendo aproximadamente 5 mM de Phe. El curso de la bioconversión se siguió espectrofotométricamente (DO<sub>290</sub>) por formación de *t*-CA. Para una solución 1 mM de Phe, no se observaron incrementos de DO<sub>290</sub> más allá de 10 mg/ml de biocatalizador. Con estas concentraciones celulares, se obtuvieron aumentos proporcionales para 5 y 10 mM de Phe. En cuanto a la termostabilidad, la actividad se mantuvo constante hasta los 50°C, decayó levemente a los 60°C y se inactivó completamente a 70°C. La temperatura óptima resultó ser de 50°C. La viscosidad del AlgNa empleado no influyó significativamente en la actividad PAL; sin embargo, le confirió mayor resistencia mecánica al biocatalizador. Éste fue reutilizado 6 veces sin perder actividad; luego se degradó parcialmente, probablemente debido a los reiterados impactos mecánicos ocasionados por la agitación. Finalmente, el biocatalizador se empleó con CAA como sustrato, logrando una reducción significativa de Phe luego de 6 h de tratamiento. En conclusión, el biocatalizador obtenido es capaz de reducir substancialmente el contenido de Phe en un hidrolizado complejo como lo es el CAA. El ingrediente así obtenido puede incorporarse a la dieta de pacientes con PKU.

## **27 RA - CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS CATALÍTICAS DE *Rhodosporidium toruloides* CONTENIENDO L-FENILALANINA AMONIO LIASA**

**CASTAÑEDA, M. T.1; ADACHI, O.2; HOURS, R. A.1**

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**

**e-mail: [castaneda@biotec.quimica.unlp.edu.ar](mailto:castaneda@biotec.quimica.unlp.edu.ar)**

**2. Departamento de Química Biológica, Facultad de Agricultura, Universidad de Yamaguchi, Yamaguchi 753-8515, Japón.**

### **Resumen**

L-Fenilalanina amonio liasa (PAL, EC 4.3.1.25) cataliza la bioconversión de L-fenilalanina (L-Phe) en ácido *t*-cinámico (*t*-CA) y amoniaco.

El interés en PAL radica en su potencial uso en el tratamiento de fenilcetonuria (PKU), enfermedad congénita caracterizada por la deficiencia de las enzimas intervinientes en el metabolismo de la Phe. En pacientes con PKU, la Phe se acumula en el torrente sanguíneo afectando el SNC. El único tratamiento posible es suministrar una dieta con escaso o nulo contenido de Phe, suplementada con preparados sintéticos de aminoácidos. PAL puede utilizarse para la reducción del contenido de Phe en hidrolizados proteicos, empleados como ingredientes alimenticios. En este trabajo se caracterizó la célula catalítica de *R. toruloides* conteniendo PAL con el objetivo de emplearla como alternativa a la enzima purificada, para la reducción del contenido de Phe. La célula catalítica se obtuvo a partir de cultivos de *R. toruloides* NBRC 0559 en medio óptimo para la producción de PAL. Luego se liofilizó y se mantuvo a -80°C. Para utilizarla, se resuspendió en Tris-HCl (0,1 M, pH 8,5) con 5 mM de 2NaEDTA. La célula catalítica se caracterizó en términos de: concentración celular (2,5-10 mg/ml), concentración de Phe (1-10 mM), termoestabilidad (20-70°C, 10 min), temperatura óptima (20-70°C, 2 h), efecto de agente permeabilizante (CPC) y efecto del almacenamiento a 5°C. Para monitorear la reacción se determinó la formación de *t*-CA, por método espectrofotométrico (DO<sub>290</sub>).

Respecto a la concentración celular, no se observaron incrementos de DO<sub>290</sub> significativos más allá de 5 mg/ml para una solución 1 mM de Phe, obteniéndose una conversión completa luego de 3 h de tratamiento. Para estas concentraciones celulares, se observó un incremento proporcional en la DO<sub>290</sub> para 5 y 10 mM de Phe. En cuanto a la inactivación por temperatura, la actividad decayó lentamente hasta los 60°C, inactivándose completamente cuando se la sometió a 70°C por 10 min. Respecto a la temperatura óptima resultó ser de 50°C, por encima de la cual sufrió desnaturalización. El agente permeabilizante no mostró efecto alguno sobre la actividad, lo que indica que bajo el tratamiento de liofilización, la célula se vuelve porosa, con lo que no requiere ser permeabilizada. Finalmente, la célula se mantuvo estable durante el almacenamiento a 5°C reteniendo el 90% de su actividad luego de 5 días. Como conclusión podemos decir que la célula catalítica tiene características óptimas para su empleo en la reducción de Phe, como alternativa al uso de la enzima purificada.



**28 RA - PROYECTO DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE TILAPIA  
(*Oreochromis niloticus*) PARA EL LABORATORIO DE ACUICULTURA.  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. UNIDAD ACADEMICA MAR DEL  
PLATA**

**LEUCI, V1; FERNÁNDEZ COMPÁS, A. S.1,2**

**1. Universidad Tecnológica Nacional. Unidad Académica Mar del Plata. Buque  
Pesquero Dorrego N° 281 (7600), Buenos Aires. Argentina. Tel: (0223) 480-5049 /  
3479 / 1220 E-mail: [victorialeuci@hotmail.com](mailto:victorialeuci@hotmail.com)**

**2. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) Paseo Victoria  
Ocampo N°1, Escollera Norte, Mar del Plata (7600), Provincia de Buenos Aires,  
República Argentina. Tel: 54 (223) 486-2586 E-mail: [afcompas@inidep.edu.ar](mailto:afcompas@inidep.edu.ar)**

**Resumen**

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie que posee una tasa de crecimiento y conversión alimenticia que favorece su cultivo, además de ser resistente a condiciones adversas en su medio, como variaciones en la temperatura, anoxia, exceso de materia orgánica y aguas duras.

El presente trabajo pretende contribuir a un diseño de producción sustentable de la tilapia en el Laboratorio de Acuicultura de la UTN.

Se analizó la fase de engorde de la tilapia, tomando juveniles de 40 g (peso inicial), hasta alcanzar un peso final de venta de 500 g. Se pretende llegar al tamaño de mercado en 24 semanas, con una supervivencia acumulada del 90 %.

La metodología propuesta contempla la selección de cohortes de acuerdo a su peso y, división de los mismos en distintos periodos del cultivo, sobre la base de datos de crecimiento tomados de la bibliografía, consumo de alimento y características de manejo propias de la tilapia.

El plan de producción consta de tres unidades de engorde (A, B y C), cada una de ellas con tres tanques (I, II y III), conectados entre sí por medio de un sistema cerrado de recirculación de agua.

El ciclo de engorde se inicia en la Unidad A, con el tanque receptor (IA), donde se siembran 1.282 juveniles. Después de 12 semanas, cuando los peces tienen aprox. 270g, se desdoblan en 2 tanques (IIA y IIIA) que, al cabo de 24 semanas, cuando alcancen un tamaño comercial de 500g, son cosechados.

Coincidiendo con la tercera semana de iniciada la Unidad A, comienza el ciclo de la Unidad B (IB), repitiendo la metodología descripta anteriormente. La Unidad C, se inicia a la sexta semana.

Este sistema respecto de otros sistemas convencionales siempre manteniendo los parámetros fisicoquímicos dentro de los intervalos aceptables para el cultivo presenta varias ventajas; una rápida adaptación de la especie y un crecimiento en masa corporal aceptable, permite el uso continuo de los tanques y disponer de tilapias, en tamaño comercial, durante todo el año.

## 29 RA - ALIMENTO FUNCIONAL: DURAZNOS EN TAJADAS EN CONSERVA CON GEL DE *Aloe sp.*

GUINLE, V; TAPIA, O; PIPITONE, C; MIRÁBILE, M. y VIGNONI, L.

**Cátedra de Bromatología, Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias,  
Facultad de Ciencias Agraria UNCuyo. Almirante Brown 500, Chacras de Coria,  
Mendoza, Argentina.  
vguinle@fca.uncu.edu.ar**

### Resumen

Alimentos funcionales son aquellos que en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud que van más allá de la nutrición. El Aloe comienza a recuperar su prestigio de planta medicinal y nutricional debido a estudios realizados en Estados Unidos, que revelan el efecto beneficioso del consumo habitual de éste sobre el aparato digestivo, en patologías como: colitis, acidez estomacal o colon irritable. Por otro lado, nutricionalmente se han identificado más de 75 compuestos en el Aloe vera, principalmente vitaminas, minerales, enzimas y aminoácidos. Su uso en alimentación no está difundido ni reglamentado en nuestro país, aunque hay antecedentes de aplicaciones como recubrimiento en poscosecha por tener propiedades de disminuir hongos que ocasionan podredumbres. Además, se está considerando su uso como fuente para obtener alimentos funcionales, especialmente en la preparación de bebidas, leche, helados y golosinas (barritas de cereal o de chocolate); como suplemento dietario (en polvo o en cápsulas), congelado en daditos o mezclado con verduras/ frutas congeladas.

El objetivo general del presente trabajo fue utilizar gel de Aloe sp en la formulación de duraznos en conserva como ingrediente de manera de transformar un alimento tradicional en un alimento funcional que además sea atractivo y fácil de consumir. Para ello, se efectuó la elaboración en forma convencional de duraznos en tajadas en conserva con almíbar diluido como testigo y dos muestras con adición de un 30% de gel de Aloe en el almíbar. Para el ensayo, se trabajó con dos tipos de geles: Comercial (Cooperativa Aloe Vida Pergamino) y Gel extraído manualmente de hojas de Aloe saponaria. Luego del período de estabilización se evaluaron los siguientes parámetros físicos y químicos: pH, acidez, sólidos solubles, azúcares reductores, vitamina C y pigmentos carotenoides. Los valores obtenidos fueron:

Muestras	Determinación	pH	Acidez (g%g)	Sólidos (°Brix)	Azúcares (g%g)	Vitamina C (mg%g)	Pigmentos (mg%g)
TESTIGO		4,175	0,33	19,5	8,15	5,27	0,729
ALOE Cooperativa		4,350	0,34	16,0	6,14	5,27	0,893
ALOE extraído		4,185	0,34	16,5	6,47	6,16	0,846

Los resultados, para las muestras de los duraznos con Aloe respecto al testigo, fueron algo superiores en los valores de pH, vitamina C y pigmentos carotenoides y menores en los sólidos solubles y azúcares reductores. En base a esto, podríamos sugerir que el uso de aloe como ingrediente es una buena alternativa para lograr un alimento funcional de fácil consumo y con mejor calidad nutricional.

## **30 RA - INFLUENCIA DE LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES EN COMPLEJOS DE BETA-LACTOGLOBULINA GLICOSILADA A DISTINTOS pH ALCALINOS, SOBRE PROPIEDADES FUNCIONALES DE SUS EMULSIONES**

**BALLERINI, G.<sup>1,2</sup>; BONETTO, F.<sup>1</sup>; MORO, A.<sup>1</sup>; BÁEZ, G.<sup>1,3</sup>; DELORENZI, N.<sup>1</sup>; BUSTI, P.<sup>1</sup>**

**1. Área Tecnología de los Alimentos Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. UNR. Suipacha 531 - (2000) Rosario. Argentina**

**Email: [gballerini@ciudad.com.ar](mailto:gballerini@ciudad.com.ar)**

**2. CIDTA FRRo UTN. Zeballos 1341 - (2000) Rosario. Argentina**

**3. IQUIR – CONICET. Suipacha 570 - (2000) Rosario. Argentina**

### **Resumen**

Las propiedades funcionales, índices de actividad emulsionante (IAE) e índices de estabilidad emulsionante (IEE), de las emulsiones realizadas con beta-lactoglobulina (B-LG) están estrechamente relacionadas con los cambios estructurales sufridos por la proteína. Para estudiar esta influencia se propuso: modificar la B-LG por glicosilación a distintos pH; analizar las variaciones estructurales producidas en la proteína y vincular estos cambios con las medidas de IAE y IEE de las estructuras obtenidas a los pH ensayados. La glicosilación por reacción de Maillard se llevó a cabo con B-LG-glucosa y B-LG-lactosa (ambas en relación molar 1:100) a pH 7,0; 8,0 y 9,0. Como blanco se utilizó B-LG sin glicosilar. Las soluciones se liofilizaron y las muestras sólidas se incubaron 72 hs a 50 °C y humedad relativa del 65%. Las muestras obtenidas se disolvieron, dializaron y se llevaron a la misma concentración en proteína. A pH alcalino, la cromatografía líquida de alta performance (HPLC) mostró formación de oligómeros, posiblemente por una apertura molecular que facilita el intercambio tiol/disulfuro entre proteínas. Los espectros de dicroísmo circular en el UV lejano mostraron corrimientos relacionados con la disminución de lámina- $\beta$  y hélice- $\alpha$  y un aumento en el contenido de ovillo estadístico; y en el UV cercano, se confirmó la pérdida de estructura terciaria de la proteína glicosilada. Los estudios de fluorescencia evidenciaron que al variar el pH desde 7,0 a 9,0 se incrementó la intensidad de emisión de fluorescencia a mayores longitudes de onda, lo que demostraría la exposición de grupos hidrofóbicos (conteniendo residuos aminoácidos alifáticos y aromáticos) al desnaturalizarse la B-LG, los que se hallarían ocultos y protegidos en la estructura proteica nativa compacta. Además, se observó un aumento en la extinción de la fluorescencia por acrilamida debido a la exposición de residuos Trp al disolvente acuoso. Las emulsiones se prepararon con  $\phi=0,25$  a 20.000 rpm. durante 60 s. Ambas glicosilaciones a los tres pH mejoraron el IAE, por lo que sería solamente la glicosilación la que incide en la capacidad emulsionante. Por otro lado, el IEE se estudió indirectamente a través del análisis (software ImageJ) de microfotografías (100X) de alícuotas tomadas a distintos tiempos y posterior confección de histogramas de distribución de tamaño. Los sistemas glicosilados a pH 8,0 y 9,0 tuvieron mejor IEE que a pH 7,0, indicando que deben tener mejor flexibilidad y acomodamiento en la interfase lípido/agua. Se concluye que a estos pH, la proteína glicosilada mejora la estabilidad de las emulsiones.

## **31 RA - INFLUENCIA DEL TIPO DE GLICOSILACIÓN DE LA BETA – LACTOGLOBULINA SOBRE LAS PROPIEDADES EMULSIFICANTES EN MEDIO ÁCIDO**

**BALLERINI, G 1,2; CANNA, L1; ORTEGA, M1; GIORDANENGO, V1**

**1. CIDTA FRRO. UTN. Zeballos 1341. (2000) Rosario. Argentina**

**E-mail: gballerini@ciudad.com.ar**

**2. Área de Tecnología de los Alimentos. Departamento de Tecnología. Fac. Cs. Bioq. y Farm. UNR. Suipacha 531. (2000) Rosario. Argentina**

### **Resumen**

Para estudiar la influencia de la reacción de Maillard sobre las propiedades emulsionantes de las proteínas del lactosuero se analizaron el índice de actividad emulsificante (IAE) y el índice de estabilidad emulsionante (IEE) de emulsiones obtenidas a partir de conjugados beta-lactoglobulina-glucosa (B-LG-GLU) y beta-lactoglobulina-lactosa (B-LG-LAC) en buffer fosfato a pH 5,0; 6,0 y 7,0 ya que la acidez de la mayoría de los alimentos procesados se encuentra en este rango. Mezclas de B-LG-azúcar reductor, en relación molar 1:100, se disolvieron en buffer fosfato pH 6,8 y liofilizaron. La glicosilación se completó en 80 h a 50 °C y 65% de humedad relativa. Posteriormente, las muestras se disolvieron a pH 6,8 manteniendo la concentración inicial de proteína, se dializaron y liofilizaron. Como muestra control se usó B-LG tratada en las mismas condiciones que las mezclas, pero sin conjugar. Mediante turbidimetría a 420 nm se siguió el desarrollo de color producido, el que resultó ser comparativamente más rápido para la B-LG-GLU, que para la B-LG-LAC. Se obtuvieron en promedio 9,2% de grupos aminos libres para B-LG-GLU y 28,1% para B-LG-LAC, estimados mediante el método colorimétrico OPA. El tamaño hidrodinámico de los conjugados se estudió mediante cromatografía de exclusión molecular, observándose la aparición de dímeros, trímeros y oligómeros de bajo peso molecular, en mayor proporción para la B-LG-LAC que para la B-LG-GLU. El tamaño de partícula se analizó por difracción láser, mostrando la presencia de agregados trimodales, siendo más pequeños los diámetros medios de los conjugados B-LG-GLU que los de B-LG-LAC. La desnaturalización de la proteína se estimó a través de estudios fluorométricos, por extinción de la fluorescencia con acrilamida. El análisis de las constantes de Stern-Volmer obtenidas, mostró escasa pérdida de estructura para ambos conjugados. Las emulsiones se prepararon por homogeneización mecánica de alta velocidad del sustrato proteico (0,5% P/V) en buffer fosfato a los distintos pH con 1 mL de aceite de maíz comercial ( $\phi=0,25$ ) a 20000 rpm durante 60 s. El IAE se calculó a través de turbidimetría a 500 nm y la IEE a partir del descenso de absorbancia medida a 500 nm, a distintos tiempos y durante 24 h. En ambos casos y para todos los pH se observó poca variación en el IAE y las emulsiones más estables, con respecto a la muestra control, se obtuvieron a pH 6 posiblemente debido a la baja tensión interfacial y al pequeño tamaño de la gota.

## **32 RA - INTERACCIÓN ENTRE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO Y VITAMINAS LIPOSOLUBLES**

**MARTÍNEZ, R.<sup>1</sup>; BUSTI, P.<sup>1</sup>; DELORENZI<sup>1</sup>; BALLERINI, G.<sup>1,2</sup>**

**1. Área Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Universidad Nacional de Rosario. Suipacha 531- (2000) Rosario. Argentina. E-mail: gballerini@ciudad.com.ar**

**2. CIDTA. FRRo, Universidad Tecnológica Nacional. Zeballos 1341. (2000) Rosario. Argentina**

### **Resumen**

Las proteínas con capacidad de unir ligandos pueden utilizarse en la encapsulación, protección y distribución de componentes hidrofóbicos bioactivos en alimentos funcionales, protegiendo de esta manera al componente liposoluble contra la degradación y proporcionando un medio de liberación controlada. En el presente trabajo se estudió la interacción entre la beta-lactoglobulina (B-LG), proteína del lactosuero, y la vitamina E (VIT-E), molécula hidrofóbica con propiedades antioxidantes. Soluciones de B-LG 20  $\mu$ M fueron tituladas con una solución madre de VIT-E 10 mM (rango de concentración: 0-460  $\mu$ M). Se ensayaron tres valores de pH: 3,0; 6,8 y 7,4 y se trabajó a 25 °C. La interacción se estudió por medidas de la fluorescencia intrínseca de la B-LG a 280 nm y por medidas de turbidez a 500 nm. También se estudió la interacción con B-LG previamente calentada durante 3 y 5 minutos a 85 °C. Por otra parte, se determinó la hidrofobicidad superficial de los complejos B-LG-VIT-E por medidas de la extinción de la fluorescencia intrínseca de la proteína (residuos de triptófano) mediante el agregado de acrilamida y posterior análisis de las gráficas de Stern-Volmer. En este último caso, las condiciones de trabajo fueron: B-LG 20  $\mu$ M, rango de acrilamida entre 0 y 0,2 M, longitud de onda de excitación de 295 nm y de emisión de 338 nm. Los valores de pH y temperatura fueron los usados en los estudios de fijación. La proteína forma un complejo con la VIT-E a todos los valores de pH ensayados ya que se observó una extinción de la fluorescencia intrínseca de la B-LG a 280 nm. La extinción va acompañada de un desplazamiento al azul, indicando que el ambiente del triptófano (Trp-19) proteico disminuye en polaridad. Cuando la B-LG fue previamente calentada, la presencia de proteína desnaturalizada disminuye la interacción, señalando a la proteína nativa como especie activa. La turbidez de las soluciones de B-LG con VIT-E es más baja que la correspondiente a las suspensiones acuosas de VIT-E, debido a la formación del complejo proteína y ligando. El valor de la constante de Stern-Volmer de la B-LG disminuye en presencia de la VIT-E. La vitamina actúa como protector del triptófano contra las colisiones de las moléculas de acrilamida. Este hecho refuerza aún más la hipótesis de formación de un complejo entre B-LG y VIT-E y la proximidad entre el residuo Trp-19 de la proteína y la vitamina.

### **33 RA - ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA) EN PASAS DE ARANDANOS (V. Corimbosum, L.) OBTENIDAS POR MÉTODOS COMBINADOS**

**MALLERET, A.<sup>1</sup>; LESA C.<sup>1</sup>; GIUDICI V.<sup>1</sup>; BETORET VALS, N.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Ms. Tavella 1450 - (3200) Concordia, Entre Ríos. Argentina**

**E-mail: [malleretd@fcal.uner.edu.ar](mailto:malleretd@fcal.uner.edu.ar)**

**2. Departamento Tecnología de Alimentos-Universidad Politécnica de Valencia-Camino de Vera s/n-(46022) Valencia. España**

#### **Resumen**

La textura es un término general que sirve para describir la percepción en la boca de las características de un alimento. El objetivo de este trabajo fue comparar mediante análisis TPA, la calidad en la textura de pasas de arándanos obtenidas mediante métodos combinados de secado: osmodeshidratación (DO) y secado con aire caliente (SAC). Se trabajó con frutos de arándanos variedad Snowchaser, cosecha 2012. Se tomaron dos lotes de 400-500 gr., uno de estos lotes recibió previamente un tratamiento osmótico, en solución de sacarosa a 65°Brix durante 48 hs, con agitación. Ambas muestras, con y sin tratamiento osmótico (PCO) y (PSO), fueron deshidratadas en secadero tipo túnel a temperatura (T) 65-70°C y velocidad de aire (Va) de 1,9-2,1 m/s. La actividad acuosa (Aw) final, fue de 0,74 y la humedad final (Hf) alcanzada de 24% (b.s), promedio para ambos lotes. Para realizar el ensayo, se utilizó una Máquina Universal de determinación de textura TA-XT2i (Texture Analyzer Stable Micro Systems, software Texture Expert EXCED, versión 2,64E) con plato de aluminio de 75 mm de diámetro (accesorio: P/75), celda de 25 kg, velocidad de ensayo de 1 mm/s, tasa de deformación del 50% y tiempo de espera de 1 s. Los parámetros texturales elegidos para definir la calidad textural de las pasas obtenidas, fueron: Dureza, Elasticidad, Cohesividad, y Gomosidad. Los resultados se analizaron con software Statgraphics Centurion XV Corporate mediante Análisis de Varianza (p-valor<0,05). La Dureza y la Elasticidad presentan diferencias estadísticamente significativas para los tres tipos de muestras analizadas (TESTIGO-PCO; TESTIGO-PSO; PSO-PCO). No así para la Cohesividad que no presenta diferencias estadísticamente significativas. En cuanto a la gomosidad, las PCO registran diferencias estadísticamente significativas con respecto a las PSO y al TESTIGO, el menor valor observado se condice con una de las características reológicas propias de alimentos semisólidos y que está relacionado con una menor dureza.

### 34 RA - EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA

**BARONIO, A. <sup>1</sup>; VIANCO A. <sup>1</sup>; SOSA M. <sup>2</sup>; ROSSI P. <sup>2</sup>; GAYOL M. <sup>2</sup>; PRAMPARO M. <sup>2</sup>.**

**<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Económicas y <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km 601 – (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina.**

**E-mail: [anavianco@yahoo.com.ar](mailto:anavianco@yahoo.com.ar)**

#### **Resumen**

El propósito de esta presentación es compartir los resultados preliminares del plan de negocio que analiza la viabilidad económica de un producto y busca una alternativa laboral para becarios de investigación.

El producto es un concentrado líquido omega-3 (DHA y EPA) al 60% a partir de aceite esterificado de especies marinas para ser utilizado como insumo en la industria de la alimentación -aditivo de productos líquidos o sólidos (leches, galletitas, etc.)- y en la de fármacos –incorporado a cápsulas de gel o adicionándolo a medicamentos-. Este producto no existe en el mercado argentino y cuenta con demanda creciente a nivel mundial. Se estima que el consumo anual por habitante se ubica en los 5,71g, siendo la dimensión del mercado argentino de algo más de 228,6 tn por año.

El proceso productivo desarrollado utiliza tecnología de Destilación Molecular (DM) con un equipo fabricado en Argentina a partir del diseño conjunto de una empresa privada e integrantes del grupo de investigación.

El objetivo es introducir una innovación tecnológica en la industria argentina para la producción de complementos alimenticios abarcando el 0,42% del mercado nacional cuando la empresa se encuentre funcionando a pleno. La puesta en marcha de este proceso productivo tendrá impacto tecnológico, comercial y científico en las industrias pesquera, metalmeccánica y alimentaria. El personal que integrará la empresa es de alta calificación y formado particularmente en la tecnología de procesos.

Se propone la creación de una empresa de base tecnológica de tipo unipersonal, de la rama alimentos y bebidas; que comienza la actividad con un equipo de producción, un turno y un operario, estabilizando el tamaño de planta al sexto mes con 4 equipos, durante 2 turnos de trabajo y 4 operarios; se integra verticalmente por el lapso de 5 años con una empresa que le provee la materia prima y compra la totalidad de su producción.

La inversión total se estima en u\$s 80000, siendo u\$s 57000 la valorización asignada a los años destinados a la investigación científica que permitió formar en el *know how* necesario para volcarlo al proceso productivo. A partir del mes 13 el flujo neto es positivo en u\$s 5300 dólares y la inversión inicial se amortiza en el mes 25.

El producto, la escala de producción, la calificación del personal y el nivel de inversión constituyen ventajas comparativas y competitivas que hacen viable la salida laboral para los becarios.

## **35 RA - CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 DEL ACEITE DE CHÍA POR DESTILACION MOLECULAR**

**SOSA M.<sup>1</sup>; MAGALLANES L.<sup>1</sup>; ROSSI P.<sup>1</sup>; VIANCO A.<sup>2</sup>; BARONIO A.<sup>2</sup>;  
PRAMPARO M.<sup>1</sup>; GAYOL M.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km 601 – (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina.  
E-mail: mdsosa@ing.unrc.edu.ar**

### **Resumen**

Los ácidos grasos esenciales omega-3 son de gran importancia en la nutrición y salud humana, ya que actúan en la producción de prostaglandinas, hormonas que intervienen en varios sistemas fisiológicos, regulando el dolor, la humedad, manteniendo la presión sanguínea adecuada y los niveles de colesterol óptimos, así como promoviendo la transmisión nerviosa.

El aceite de chía es un aceite rico en ácido graso omega-3  $\alpha$ -linolénico (18:3, ALA), de los ácidos grasos totales del aceite de chia entre un 55 y 65 % corresponde ALA.

La destilación molecular es una tecnología poco difundida en el país y de gran importancia y potencial para concentrar estos ácidos grasos termosensibles, ya que trabaja a altas presiones de vacío.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la temperatura óptima de destilación para obtener fracciones altamente concentradas de esteres etílicos de ALA, para su posterior purificación.

El trabajo consistió en realizar una serie de destilaciones a tres temperaturas de trabajo de los esteres etílicos de ácidos grasos (EAG) obtenidos por transesterificación del aceite de chía en un reactor de laboratorio, a reflujo total, con catálisis básica (catalizador de NaOH), con una concentración de 0,38 % p/p, etanol absoluto (relación molar alcohol:aceite 12:1), a 65 °C, con agitación magnética durante 120 min. En la transesterificación se obtuvo un 92 % de EAG y un 8 % de ácidos grasos libres, determinados mediante cromatografía de capa fina (TLC). En la destilación molecular el caudal de alimentación fue de 1 ml/min, temperatura de precalentamiento de la alimentación de 35 °C, temperatura del agua refrigerante de 10 °C, presión de vacío de 13 mtorr. En todos los ensayos se destilaron 50 g de EAG. Se registraron los porcentajes de destilación y residuo obtenidos. Las temperaturas de trabajo (de destilación) fueron 85 °C, 75 °C y 70 °C. Para todas las fracciones de destilación y residuos se realizaron análisis mediante TLC e índice de acidez.

Por cromatografía se determinó que la concentración de  $\alpha$ -linolénico en el aceite utilizado fue del 55 %.

A temperaturas de destilación de 85 °C las fracciones de destilados y residuos fueron de 68,5 % y 31,5 % respectivamente, a 75 °C fueron de 40 % y 60 % respectivamente, y a 70 °C fueron de 30 % y 70% respectivamente.

Se concluyó que para obtener el 45 % de esteres en el destilado (supuesta separación ideal), reteniendo 55 % de ALA en el residuo la temperatura óptima es de 77 °C.



## **36 RA - INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN EN LA SEPARACIÓN DE INSAPONIFICABLES EN GRASA LÁCTEA ANHIDRA POR DESTILACIÓN MOLECULAR**

**BERTI J. ; PRIMO D.; ROSSI P.; ROBLEDO S.; GAYOL M.; PRAMPARO M.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km. 601. Río Cuarto. Argentina.**

**\*jberti@ing.unrc.edu.ar**

### **Resumen**

Está comprobada la relación entre la hipercolesterolemia y la enfermedad coronaria, y dado el vínculo entre esta condición y la alimentación, la industria alimentaria busca alternativas más saludables en los ingredientes que emplea para la fabricación de alimentos. Existe particular interés la reducción del contenido de colesterol de la grasa láctea.

La destilación molecular es un método de separación que ha sido probado en mezclas de lípidos similares a la grasa láctea, por lo es una excelente opción para la reducción del contenido de colesterol en dicho alimento.

Objetivo: Evaluar el efecto de las distintas temperaturas de evaporación en la separación de insaponificables en grasa láctea anhidra (butteroil).

Metodología: Se utilizó como materia prima para esta tarea butteroil donado por la empresa CORLASA S.A. La destilación molecular se realizó en un equipo KDL4 de UIC. Como paso previo a las destilaciones, se procedió en todos los casos a fundir la grasa láctea hasta una temperatura superior a 40°C, de modo de asegurar la que no se alimentan cristales sólidos al destilador. Se realizaron experiencias en las condiciones operativas detalladas a continuación: la presión de trabajo en todos los casos fue  $5 \cdot 10^{-4}$  bar, la temperatura del condensador fue 45°C, la temperatura de precalentamiento - desgasificación 40°C, la velocidad del rotor 200 rpm y se abarcó un rango de temperaturas de evaporación desde 120°C hasta 200°C, obteniendo en cada caso diferentes porcentajes de destilado. La fracción insaponificable es obtenida mediante el método oficial de la AOCS Ca 6b-53.

Resultados: La operación de destilación molecular ofrece una excelente opción para obtener fracciones de butteroil con propiedades físicas distintivas.

Conclusiones: Se concluye que la concentración de insaponificables disminuye a la mitad en el residuo a la temperatura de evaporación de 200°C, con una pérdida de rendimiento del 50%, y que a medida que aumenta la temperatura de destilación, se retira más materia insaponificable de la manteca, llegando a un rendimiento máximo cercano a 75% en el destilado a 200°C. Sin embargo, se alcanza una separación aceptable a expensas de una gran pérdida de materia prima.

## **37 RA - CARACTERIZACIÓN DE POLVOS DE ENCAPSULADOS DE PROPÓLEO POR SECADO POR ASPERSIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR SUPERFICIE DE RESPUESTA**

**BUSCH, V. 1,2; SANTAGAPITA, P.1,2; BUERA, P.1,2**

**1. Departamentos de Química Orgánica e Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Int. Güraldes 2160 –CABA-Argentina.**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.**

**E-mail: pilar@di.fcen.uba.ar**

### **Resumen**

El propóleo es conocido por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes que lo hacen un potencial aditivo para reemplazar compuestos sintéticos. Sin embargo, su aplicación en alimentos, cosméticos o preparados farmacéuticos se ve acotada por su fuerte aroma y su escasa solubilidad en agua. La encapsulación de propóleo por secado por aspersión ofrece una alternativa interesante para proteger los componentes activos, disminuir el aroma y evitar el uso de etanol en la dosificación. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar a 3 polvos obtenidos por secado por aspersión de un extracto etanólico de propóleo (EEP) suspendido en soluciones acuosas de maltodextrina o maltodextrina-gomas y optimizar la recuperación de polifenoles de los polvos obtenidos mediante el método de superficie de respuesta. 10 mL 0.35g/mL (de EEP se suspendió en 100 mL de soluciones acuosas de maltodextrina al 30%p/v- sistema MD-, con adición de goma arábica (0.3%)- sistema MDGA- o goma de vinal (0.3%p/v)- sistema MDVG- mediante Ultraturrax(15000 rpm, 5 min). La solubilidad en agua, higroscopicidad, densidad de masa, parámetros de color (fotocolorímetro) y los espectros ATR-FT-IR se utilizaron en la caracterización. Un diseño de experimento de 3 variables (solvente, tiempo de sonicado y concentración de muestra) y 1 factor de respuesta (polifenoles totales por Folin Ciocalteu) con 3 puntos centrales se realizó por StatGraph centurion (v15.2.06). Se obtuvieron para las 3 muestras higroscopicidades de 9,8-10%, solubilidades similares (100% para MDGA y MDVG y 97% para MD); un rango de densidades aparentes (masa/volumen total) de 0.32-0.37g/mL. Los parámetros de color obtenidos fueron: L\* entre 18.27-18.77; a\* entre -2.98 y -3.46; b\* entre 4.09-6.59; correspondiendo los valores de menor luminosidad, mayor tonalidad verde (menor a\*) y amarilla (mayor b\*) al sistema MDGA. El espectro del EEP mostró algunas de las bandas características:  $1687\text{cm}^{-1}$  (C=O, estiramiento de lípidos y flavonoides),  $1637\text{cm}^{-1}$  (C=O, estiramiento) y  $1160\text{cm}^{-1}$  (C-O, flexión lípidos y alcoholes). Los espectros de los polvos estaban dominados por las bandas de la maltodextrina (compuesto mayoritario), pero fue posible observar ligeras modificaciones debidas a la presencia de las gomas. El método óptimo de recuperación de polifenoles obtenido fue: 3mg de polvo en 500 $\mu\text{L}$  de solvente, relación etanol/agua 90/10 y 1min de sonicado. El presente trabajo muestra que el FT-IR y el método de superficie de respuesta son herramientas útiles para la caracterización de formulaciones, el diseño y optimización de experimentos. Esto contribuye al desarrollo de productos innovadores de aplicación en diversas áreas.

## 38 RA - COMPOSICIÓN DE ADEREZOS A BASE DE VEGETALES

**GASCÓN A.<sup>(1)</sup>, DIP G.<sup>(1)</sup>, RAIMONDO E.<sup>(1,2)</sup>, DUPERTUIS L.<sup>(1)</sup>, FURLANI MR<sup>(1)</sup>, FLORES D.<sup>(2)</sup>, DÍAZ J.<sup>(2)</sup>, SANTI A.<sup>(3)</sup>, CERCHIAI E.<sup>(3)</sup>**

**<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias Agrarias U.N.Cuyo**

**<sup>(2)</sup>Fac. de Cs de la Nutrición UMaza**

**<sup>(3)</sup>INTI Frutas y Hortalizas**

**Almirante Brown 500 Chacras de Coria Mendoza.**

**Email: agascon@fca.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

Dado que la ingesta de vegetales es importante incrementarla y promocionarla por los beneficios a la salud, se evaluó desarrollar tipos de alimentos a base de vegetales a fin de incrementar su ingesta, especialmente en jóvenes. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar pastas a base de vegetales, tipo aderezos, determinando su perfil nutricional y su aceptabilidad.

Para ello se desarrollaron pastas de pimientos, berenjenas, pepinos, espárragos, garbanzos, porotos negros y porotos colorados, con diferentes especias y adicionado con aceite de girasol y con aceite virgen de oliva y con alto y medio contenido de sodio. Cada tipo de pastas se realizó por triplicado. En todos los casos se adicionó ácido cítrico csp cercano a pH=4 y se esterilizó a baño maría hirviendo. A los productos terminados se les realizó análisis nutricional por quintuplicado, perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa y análisis de minerales por espectrofotometría de absorción atómica. Se realizó también una evaluación sensorial para establecer aceptabilidad.

Del análisis nutricional resultó que los hidratos de carbono variaban de 3,22 g% para los espárragos hasta 25,5 g% para los porotos colorados. Las proteínas de 0,66 g% para los pepinos hasta 9,7g% para los garbanzos. El mayor contenido de grasas lo presentó la pasta de garbanzo (27,76 g) siendo su perfil similar a la formulación con aceite utilizado en la preparación, resultando con un buen aporte de ácidos grasos monoinsaturados el preparado con aceite de oliva. El sodio en todos los casos fue elevado, por el agregado de sal a la preparaciones, el cual se pudo reducir en un 50% incrementando el contenido de especias, lo que se traduce en un mayor contenido de fibras en estos últimos.

De las 100 personas encuestadas el 95% lo calificó a los aderezos con sal, como muy buenos a excelentes, tanto las preparadas con aceite de girasol como las que se elaboraron con oliva, siendo las pastas con mayor puntuación las de garbanzos, pepinos y pimientos. Los aderezos reducidos en sodio fueron aceptados por el 80% de los encuestados.

Se logró así realizar aderezos vegetales, de diferente perfil lipídico, con alto y medio contenido de sodio, los cuales fueron aceptados resultando una buena opción para incorporar vegetales a la dieta.

## 39 RA - CONSERVACIÓN DE PAN DE SEMILLA USANDO DISTINTOS MATERIALES DE ENVASES

**RAIMONDO E.<sup>(1)</sup>, DUPERTUIS L.<sup>(1)</sup>, DIP G.<sup>(1)</sup>, GASCÓN A.<sup>(1)</sup>, FURLANI MR<sup>(1)</sup>,  
ESPEJO C.<sup>(2)</sup>**

**<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo – <sup>(2)</sup>INTI Frutas y Hortalizas.**

**Almirante Brown 500 Chacras de Coria Mendoza.**

**E-mail: [eraimondo@fca.uncu.edu.ar](mailto:eraimondo@fca.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

En los años recientes la industria se ha visto preocupada por obtener períodos de vida útil mayor de los alimentos que elabora, usando la menor cantidad de aditivos posibles. Por tal motivo la adecuada elección del material de envase está teniendo cada vez más importancia. Por otra parte, dado que el 53% de los argentinos presentan sobrepeso y obesidad, con los riesgos para la salud que esto representa, es importante formular alimentos con efecto saciante, por ello el objetivo de la presente investigación fue desarrollar un pan con elevado contenido de semillas y determinar el lapso de aptitud en función del material de envase seleccionado. Se elaboró un pan con salvado de trigo, avena, clara de huevo, leche descremada y semillas de: chía, amaranto, sésamo, girasol, quinoa y lino. Sin conservantes. Se envasaron en distintas películas usando una envasadora automática y una semi-manual. En todos los casos se cuidó la hermeticidad de los cierres. Se conservaron a 25°C. Por cada material y tipo de envase se envasaron 50 panes. Los datos que se transcriben en la siguiente tabla corresponden a la media de los resultados obtenidos.

Material de envase	Espesor	Días de envasado	Alteración observada
Polietileno (PE) sin laminar	35 micrones	10 días	Consistencia alterada: duros
Polipropileno (PP) sin laminar	35 micrones	15 días	Consistencia alterada: duros
Polipropileno (PP)/ (PP) laminado	40 micrones	60 días	Consistencia alterada. Algunas unidades con hongos
Bandejas de poliestireno expandido, envueltas en PVC termocontraíble	7 micrones PVC (Policloruro de vinilo) 5g peso de la bandeja	7 días	Al cabo de este tiempo presentan alteración de su consistencia
Bandeja de PS (poliestireno) envueltas en PP sin laminar	55 micrones espesor polipropileno	20 días	Al cabo de este tiempo presenta alteración de su consistencia
Laminado aluminio-polietileno (PE)	15 micrones aluminio/ 50 micrones PE	100 días	Al cabo de este tiempo presenta formación de hongos. Consistencia normal
Laminado polipropileno (PP) –poliéster (PET)	50 micrones en total	90 días	Formación de hongos. Consistencia normal

Se concluye que el material más idóneo para envasado es el Aluminio-Polietileno, seguido PP-PET, dado los días de conservación en función del costo del material se elegiría la combinación PP-PET.

## **40 RA - MODIFICACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO SEGÚN ACEITE UTILIZADO**

**DIP G.<sup>(1)</sup>, ACOSTA N.<sup>(1)</sup>, RAIMONDO E.<sup>(1,2)</sup>, GASCÓN A.<sup>(1)</sup>, DUPERTUIS L.<sup>(1)</sup>,  
FURLANI MR<sup>(1)</sup>, FLORES D.<sup>(2)</sup>, FARAH S.<sup>(2)</sup>, SANTI A.<sup>(3)</sup>, CERCHIAI E.<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup>**Facultad de Ciencias Agrarias U.N.Cuyo-**

<sup>(2)</sup>**Fac. de Cs de la Nutrición UMaza**

<sup>(3)</sup>**INTI Frutas y Hortalizas**

**Almirante Brown 500 Chacras de Coria Mendoza.**

**Email: [gdip@fca.uncu.edu.ar](mailto:gdip@fca.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

La fritura es un método de cocción preferido por la sociedad, debido a su simplicidad y a la obtención de alimentos sabrosos en muy poco tiempo, sin embargo cuestionado nutricionalmente. Por este motivo el objetivo del presente estudio fue determinar cómo varía el perfil lipídico de un alimento en función del aceite empleado. Para ello se efectuaron diferentes frituras, inmersión y superficial, usando aceites de girasol y oliva, regulando la temperatura a 180 °C.

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó por cromatografía gaseosa, siguiendo las técnicas del COI. Los resultados muestran que un alimento no graso como es la papa cruda de 0,07 g% de grasas totales, aumenta a 20 g% en una fritura en sartén y a 26 g% en una fritura por inmersión, adquiriendo en ambos casos el perfil de ácidos grasos del aceite utilizado (omega 6 para girasol y omega 9 para oliva). La papa cruda tiene un contenido de linoleico de 22% que se incrementa a 25% en sartén y a 54% por inmersión, similar al aceite de girasol crudo 55%. Para la panceta la variación es menor en la cantidad de grasa, cruda 50 g%, por inmersión 46 g% y sartén 61 g%. No es significativa la variación del perfil lipídico, panceta cruda 25% de palmítico y 24% al freírla con girasol. Al realizar 10 frituras sucesivas, por inmersión, no varían los ácidos grasos. Se concluye que se puede utilizar la fritura para aumentar el valor energético de un alimento, aportando el perfil de ácidos grasos del aceite empleado en alimentos con bajo contenido graso inicial.

# **41 RA - EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DISTINTOS PRE-TRATAMIENTOS EN EL COLOR Y RENDIMIENTO DE MANZANAS (*Malus domestica*) DESHIDRATADAS**

**URFALINO D. P.; WORLOCK J.**

**Instituto de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída. El Vivero s/n Rama Caída - (5603), San Rafael, Mendoza. Argentina. E-mail: [urfalino.delia@inta.gob.ar](mailto:urfalino.delia@inta.gob.ar)**

## **Resumen**

Los consumidores asocian el color de un producto con su sabor, higiene, vida útil y valor nutricional. Por ello, el color es uno de los principales factores que determinan la aceptación de las frutas deshidratadas. Para proteger este atributo durante la deshidratación, se emplean distintos pre-tratamientos. Si bien el sulfitado es uno de los métodos más utilizados, al existir personas sensibles a los compuestos empleados, la tendencia es su sustitución. La deshidratación osmótica (D.O.) presenta ventajas para sustituirlo, ya que disminuye el pardeamiento enzimático, aumenta el rendimiento y la estabilidad de los pigmentos, y disminuye el tiempo de secado convectivo, reduciendo las reacciones de pardeamiento no-enzimático. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de distintos pre-tratamientos en el color y rendimiento de manzanas deshidratadas, a fin de obtener un producto con un color atractivo sin incorporar sulfitos. Para realizar el ensayo se emplearon manzanas variedad Red Delicious, seleccionadas por ausencia de defectos, uniformidad de color y tamaño. Se efectuaron 6 tratamientos por duplicado con 1kg de manzanas cada uno. Las manzanas se lavaron con agua potable, se pesaron, se pelaron manualmente, se despepitaron y se cortaron en rodajas de 0,20 cm. Las rodajas obtenidas se sumergieron durante 6 y 3 horas en una solución a temperatura ambiente de sacarosa a 50°Brix con distintas dosis de conservantes según el tratamiento (**1**:6hs-0%; **2**:6hs-0,05% ácido cítrico  $C_6H_8O_7$ ; **3**:6hs-0,05% ácido ascórbico  $C_6H_8O_6$ ; **4**:3hs-0%; **5**:3hs-0,05%  $C_6H_8O_7$ ; **6**:3hs-0,05%  $C_6H_8O_6$ ). Posteriormente, las manzanas se enjuagaron con agua potable, se escurrieron y se deshidrataron en un horno eléctrico con ventilación forzada a 55°C. La deshidratación concluyó al alcanzar una actividad acuosa promedio de 0,29. Los productos obtenidos se pesaron y se les evaluó color (colorímetro Kónica-Minolta CR400). El parámetro de color  $L^*$  presentó diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos **1**, **2** y **3**. Éstos obtuvieron los menores valores del mismo, por lo tanto, se visualizaron más oxidados que los demás tratamientos. Asimismo,  $a^*$  presentó diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos **1**, **2** y **3** con valores negativos cercanos a cero, por lo cual, las manzanas exhibieron un color verde de menor intensidad. El parámetro  $b^*$  no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Es decir, que las manzanas de todos los tratamientos poseían un color amarillo similar. No existieron diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los tratamientos. El rendimiento promedio fue de 5,32 kg manzanas frescas para obtener 1kg de manzanas deshidratadas. El color de mayor atractivo se logró con los pre-tratamientos de D.O. **4**, **5** y **6**, sin necesidad de incorporar sulfitos.

## **42 RA - CALIDAD SENSORIAL DE QUESOS SEMIDUROS ELABORADOS CON LECHE DE BÚFALA Y OVEJA**

**COSTA, S.<sup>1</sup>; CABALLERO, S.<sup>1</sup>; PAVÓN, Y.<sup>1</sup>; MEINARDI, C.<sup>2</sup>; SABBAG, N.<sup>1</sup>.**

**1. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ing. Qca., Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 – (3000) Santa Fe, Arg. Email: [silviclau@yahoo.com.ar](mailto:silviclau@yahoo.com.ar)**

**2. Instituto de Lactología Industrial (INLAIN-CONICET), Facultad de Ing. Qca., Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 – (3000) Santa Fe, Arg.**

### **Resumen**

Las leches no tradicionales presentan un denominador común, en general, están asociadas a economías regionales, pequeñas escalas de producción y elaboración artesanal de productos de elevado valor agregado.

La leche de búfala logra un mejor rendimiento caseario y posee mayor valor nutricional que la leche bovina, por lo tanto resulta interesante su aplicación en la elaboración de quesos de pasta semidura. Sin embargo, se ha encontrado que el flavor de los quesos de búfala no evoluciona durante su maduración. Por su parte, los quesos de leche de oveja tienen un buen sabor gracias a la elevada carga de bacterias lácticas con buena actividad proteolítica y lipolítica. De esta manera, el objetivo del siguiente trabajo es evaluar el mejoramiento de la calidad sensorial de quesos semiduros elaborados con una mezcla de leche de búfala y oveja.

Para la elaboración de los quesos, se utilizó leche cruda de búfala y oveja, fermento comercial de acción directa en tina, cloruro de calcio y cuajo líquido. Se realizaron 3 elaboraciones, por duplicado, correspondiendo a: Queso I (100% leche de oveja), II (75% leche de búfala y 25% leche de oveja) y III (100% leche de búfala). Luego de 90 días de maduración, sus características sensoriales de textura y flavor, fueron determinadas por un panel de evaluadores entrenados, mediante Análisis Descriptivo Cuantitativo, utilizando escalas no estructuradas ancladas en los extremos. Se calculó el promedio y desviación estándar de cada descriptor y se aplicó el test LSD para observar diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Los resultados obtenidos permitieron diferenciar los atributos: olor, color, sensación al paladar, flavor global, gusto salado y sensación trigeminal picante entre los 3 quesos. Particularmente, los gustos amargo y ácido fueron diferentes entre el queso elaborado con 100% de oveja y los demás. No se encontraron diferencias en la cohesividad, sabor a crema y astringencia. En cuanto al flavor residual, el gusto amargo y la sensación trigeminal picante se destacaron en intensidad entre los diferentes quesos, siendo mayormente percibido en aquellos que contenían búfala.

Se concluye que los quesos obtenidos con la mezcla de ambas leches mejoraron sustancialmente los atributos textura y flavor con respecto a los elaborados con 100% de leche de búfala. En general, el queso con 100% de leche de oveja presentó mayor intensidad en los descriptores sensoriales estudiados.

## **43 RA - DETERMINACION DE ESPECIES DE *Alternaria* ASOCIADAS A LA PRODUCCION DE UVA EN EL ALTO VALLE DEL RIO NEGRO**

**BENAVIDES, M.<sup>(1,2)</sup>, FICA, R.<sup>(1)</sup>, MOYA, M.<sup>(1)</sup>, TEMPERINI, C.<sup>(1,2)</sup>, FERNÁNDEZ PINTO, V.<sup>(3)</sup>, POSE G.<sup>(1,2)</sup>.**

**(1)Escuela de Producción, Tecnológica y Medio Ambiente - Universidad Nacional de Rio Negro, Villa Regina - Argentina.**

**(2) CONICET**

**(3)Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires-Capital Federal. Argentina.**

**E-mail: biomeb2260@hotmail.com**

### **Resumen**

En la zona del Alto Valle de río Negro se combina una tradición productiva junto a condiciones naturales propicias para la explotación de la industria vinícola, la cual se ha integrado como un sector importante en el desarrollo agroindustrial de la zona. Se han realizado estudios en diversas partes del mundo que señalan al género *Alternaria* como un importante fitopatógeno de uva, sin embargo, en nuestro país no existen reportes acerca de este género en este sustrato. Por otra parte, durante la colonización, las especies de *Alternaria* pueden producir metabolitos tóxicos en las plantas infectadas que cuando se acumulan en las partes utilizadas para la producción de alimentos, pueden presentar un peligro para la salud humana (micotoxinas).

La correcta identificación de hongos a nivel de especie es importante debido a que el conocimiento del conjunto de caracteres que les es propio hace posible predecir la producción de metabolitos secundarios o su comportamiento fisiológico. Así, el objetivo de este trabajo fue determinar las especies de *Alternaria* asociadas a la producción de uvas en el Alto Valle de río Negro.

Se muestrearon tres localidades, Cipolletti, General Roca y Villa Regina, abarcando la totalidad de la zona productiva. Se colectaron un total de 54 muestras durante la cosecha del 2012. Con el fin de aislar los hongos de la superficie de la fruta, un total de 100 uvas fueron colocadas de a 5 bayas en placas de Petri que contenían Agar Papa Dextrosa (PDA) con cloranfenicol (0.1%). Las placas fueron incubadas a 25°C durante 7 días. La identificación a nivel especie se llevó a cabo desde cultivos monospóricos siguiendo la clave propuesta por Simmons 2007.

Se obtuvieron un total de 109 aislamientos pertenecientes al género *Alternaria* de los cuales 94 fueron identificados como *A. tenuissima*(86%) y 5 como *A. alternata*(5%) . Diez aislamientos no pudieron ser identificados morfológicamente a nivel de especie.

Las especies identificadas están reportadas como productoras de micotoxinas tales como Alternariol, Alternariol monometil Eter y Acido Tenuazonico, entre otras. Se estudiara el potencial toxicogénico de las mismas a fin de evaluar el potencial riesgo a la salud del consumidor y su ocurrencia natural en productos derivados de esta fruta.



## **44 RA - EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE LINDANO Y HEPTACLORO EPOXIDO B EN MUSCULO DE PESCADO**

**MUNITZ, M.<sup>1</sup>; RAVIOL, F.<sup>1</sup>; MEDINA, B.<sup>1</sup>; WILLIMAN, C.<sup>1</sup>; PIANA, N.<sup>1</sup>;  
LESIEUX, L.<sup>1</sup>; BARREIRO, C.<sup>1</sup>; MONTTI, M. I.<sup>1</sup>**

**1. Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos (Facultad de Ciencias de la  
Alimentación-UNER), Concordia, Argentina.**

**E-mail: munitzm@fcal.uner.edu.ar**

### **Resumen**

La contaminación de los recursos naturales con pesticidas ha generado preocupación debido a los efectos que podría traer a la salud de los seres humanos y animales. Compuestos organoclorados, como lindano y heptacloro epóxido B, podrían tener como destino ambiental los cursos de agua, y de esta manera contaminar los peces. El armado, *Oxydoras Kneri*, es un pez común en el río Uruguay. Los objetivos del presente trabajo son la validación de una metodología para la determinación de estos compuestos y la determinación del efecto de la cocción en el contenido inicial de los mismos en el tejido muscular de pescado. El método extractivo empleado para la validación de la metodología analítica fue QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe). Los analitos se determinaron por cromatografía gaseosa con detector de micro captura de electrones ( $\mu$ ECD). La calibración se realizó con muestra adicionada debido a la existencia de efecto matriz. La curva de calibración con matriz adicionada, resultó lineal en el rango de 0,01 a 0,5 mg/l. La linealidad del método es muy buena, con  $R^2$  superiores a 0,99. Se evaluó la precisión a 0,1 y 0,5 mg/l, siendo la desviación estándar relativa (RSD) menor al 10% para  $n=5$ . La recuperación se estudió para  $n=3$  a las mismas concentraciones, estando todas entre 95 y 108%. Los límites de detección y cuantificación fueron de 8,01 y 26,66  $\mu$ g/kg de muestra para lindano y de 6,61 y 21,04  $\mu$ g/kg para heptacloro epóxido B, respectivamente. Una vez finalizada la validación de la metodología, se estudió el efecto de la cocción sobre la concentración inicial de los pesticidas en músculo de pescado. El estudio se llevó a cabo por triplicado, utilizando un horno eléctrico y una termocupla a fin de verificar que la temperatura en el centro térmico de las muestras sea de 71°C. Posteriormente, se determinó la concentración de cada compuesto en las distintas muestras. El porcentaje de destrucción térmica durante el proceso de cocción fue de 44% y 64% para lindano y heptacloro epóxido B, respectivamente. El análisis estadístico de los resultados indicó que el método es lineal, y presenta alta sensibilidad, exactitud y precisión, siendo útil para la determinación de compuestos organoclorados en músculo de pescado. Se puede concluir que la cocción a 71°C en el centro térmico asegura la eliminación parcial de los analitos estudiados. Se considera relevante continuar la investigación a fin de evaluar el efecto que tendrán otras condiciones diferentes de cocción permitiendo optimizar los resultados.

## **45 RA - EVALUACION SENSORIAL DE UN PRODUCTO NATURAL: JUGO DE UVA VERDE COMO ALTERNATIVA DE ACIDULANTE ALIMENTARIO**

**VENTRERA, N1; MIRÁBILE M1; VIGNONI, L1; POSSOBÓN, P1; RODRIGUEZ, S1; GIMENEZ, A1; TAPIA O1; GUINLE, V1;**

**1 - Cátedra de Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Almirante Brown 500, - (5505) - Chacras de Coria. Mendoza.  
E-mail: nventrera@fca.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

Los aditivos acidulantes son muy utilizados en la industria alimentaria, en la elaboración de aderezos, condimentos, y diversos productos alimenticios. El Verjus (del francés verjus "zummo verde"), conocido en castellano como agraz, es un jugo ácido extraído de uvas inmaduras. Antigüamente muy usado como condimento, preparación de aderezos y platos de alta gastronomía.

La obtención de jugo de estas uvas verdes podría sustituir al jugo de limón o el vinagre en las vinagretas, las mostazas, de salsas, en la preparación de los platos de carne o pescado, ofreciendo un acidulante natural para uso alimenticio similar al jugo de limón. La evaluación sensorial es una herramienta muy útil en la determinación de la calidad y aceptación de nuevos productos. Resulta de interés evaluar la calidad sensorial y la aceptación de jugo de uva verde para ser utilizado en la elaboración de alimentos.

El objetivo de este trabajo fue realizar la evaluación sensorial de jugo de uva verde obtenido de distintas variedades de uva.

Se trabajó con cuatro variedades: Pedro Gimenez (PG), Bonarda (B), Malbec (M) y Criolla (C), las que fueron cosechadas el 16 de diciembre de 2013, tamaño aproximada de grano de arveja, de los departamentos de San Martín (PG, B y C) y Luján (M y C).

Una vez cosechadas las uvas, se separaron los granos y fueron procesadas mediante una extractora centrífuga. Los jugos obtenidos se caracterizaron mediante evaluación sensorial con jueces entrenados (n=7). Se evaluó grado de aceptación, aspecto general, color, aroma, acidez, amargor y astringencia. Para el análisis de resultados se aplicó prueba de Friedman. Sensorialmente no se detecta diferencias significativas en el aspecto general, en acidez y en astringencia para las distintas variedades, hay diferencias significativas en color y en amargor, Bonarda resultó la más amarga.

Este producto presenta buenas características sensoriales y grado de aceptación.

Es una alternativa para los productores vitivinícolas, ofreciendo un acidulante natural que podría reemplazar al jugo de limón y otros acidulantes alimentarios, valorando así la producción regional.

## **46 RA - DESARROLLO DE BARRAS DE ALTO CONTENIDO PROTEICO**

**PASSERINI, M. B. y GALLO, A.**

**Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, (6700)  
Luján, Buenos Aires, Argentina  
E-mail: belenpass@gmail.com**

### **Resumen**

En la actualidad existe una creciente demanda de alimentos proteicos por parte de deportistas y consumidores que buscan incrementar su masa muscular. Una alternativa son las barras ricas en proteína de alto valor biológico y fácil metabolismo que pueden consumirse como colaciones. Éstas resultan además, una excelente matriz receptora de minerales y vitaminas, elevando su calidad nutricional frente a otras colaciones que aportan mayores niveles de grasa y azúcar. La industria láctea genera importantes efluentes de lactosuero que pueden ser recuperados para la obtención de un deshidratado, útil en la formulación de la nueva generación de alimentos proteicos de alta calidad.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una colación de alto contenido proteico, tipo barra. Se utilizaron como materias primas: concentrado proteico de lactosuero deshidratado (WPC 35%), concentrado proteico de leche deshidratado, aceite de palma, jarabe de maíz, fructosa, sorbitol (70%), cacao, ácido cítrico, lecitina de soja, mix de vitaminas y minerales, saborizantes, colorantes. Se utilizó una batidora de mesada Hobart N50.

El procedimiento de elaboración optimizado incluye un mezclado por etapas. Se realiza una premezcla de los sólidos proteicos, luego los jarabes, lecitina, saborizantes y grasa, y una disolución acuosa del mix de vitaminas, colorantes y ácido cítrico. Finalmente se emulsionan las fases grasa y acuosa, adicionando los polvos proteicos con un amasado corto. Tras el moldeado manual se requiere un oreo de 24hs para alcanzar la estabilización de la consistencia. La textura lograda permite una operación de envasado sencilla en film plástico transparente.

Se han obtenido versiones muy atractivas sensorialmente, con sabores de manzana, frutilla, frutos rojos, vainilla, chocolate y dulce de leche.

Se realizó un ensayo de vida útil sensorial en tiempo real a temperatura ambiente (entre 12 y 20°C) y luz natural, durante 4 meses. Se evaluaron en panel semientrenado la textura, sabor y color en escala hedónica de 5 puntos. El atributo limitante resultó el cambio de color por pardeamiento para las barras claras de frutilla, manzana y vainilla, siendo afectadas por la exposición a la luz. Para las restantes el limitante fue el deterioro del sabor. Las barras presentaron bajos valores de  $a_w$  (0,65) prediciendo una alta estabilidad microbiológica que se verificó a lo largo del muestreo, ya que no se apreció el crecimiento de hongos ni levaduras.

Los productos desarrollados no sólo son de alto valor proteico (26%), sino que constituyen una opción práctica de consumo frente a otras refrigeradas, como yogures o quesos.

## **47 RA - EVALUACIÓN SENSORIAL DE MATERIALES DE TOMATE PARA MERCADO EN FRESCO**

**VENTRERA, N1; VIGNONI, L1; TAPIA, O Y GALLARDO, G2**

**1 - Cátedra de Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Almirante Brown 500, - (5505) - Chacras de Coria. Mendoza.**

**E-mail: nventrera@fca.uncu.edu.ar**

**2INTA La Consulta Mendoza Argentina**

### **Resumen**

En evaluaciones sensoriales realizadas anteriormente se determinó que los consumidores prefieren, para consumo en fresco tomates jugosos y de buen sabor, equilibrio entre dulce y acidez. Debido a cosecha en estado de madurez pintones, tratamientos de frío etc, resulta un tomate poco jugoso y sin sabor. Existe en el INTA La Consulta un plan de mejoramiento genético de tomates para obtener tomates de calidad. El objetivo del trabajo fue evaluar sensorialmente nuevas variedades de tomates provenientes del Plan de mejoramiento genético. A través del Proyecto SECTyP: Evaluación sensorial de productos frutihortícolas se realizó la evaluación sensorial. Los materiales utilizados, LC441, LC507, LC536 y Testigo, cultivados en el INTA La Consulta, se dejaron madurar en la planta, se cosecharon maduros. Para la evaluación sensorial se determinó grado de aceptación (Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y Malo) y preferencia en tomate entero y mitades. En tomate trozado se determinó, con escala estructurada de 5 puntos, olor (indefinido a normal), sabor (no característico a característico), sabor dulce (no dulce a muy dulce), sabor ácido (no ácido a muy ácido) y jugosidad (no jugoso a muy jugoso). Fueron evaluados sensorialmente por 30 consumidores. LC441 resultó con coloración verdorjizo oscura, poco atractivo, sabor equilibrado dulce/ácido. LC507 demasiado jugoso, muy acuoso, poco firme, sabor equilibrado. LC536 sabor suave característico, equilibrado, piel se degrada bien en la boca, buen color y jugosidad, no ácido. Testigo, piel gruesa gusto herbáceo, mantiene forma, buen color, sabor chato poco dulce, poco ácido. En cuanto a la preferencia resultó LC536 50% y testigo 30%. La preferencia de tomate entero y en mitades resultó: LC536 69% y Testigo 26%. En cuanto al grado de aceptación de tomate entero LC441 40% entre muy bueno y bueno. LC507 50% entre muy bueno y bueno, LC536 80% entre Excelente y muy bueno y Testigo 57% entre Excelente y muy bueno. La variedad LC536 fue ampliamente aceptada y preferida por los consumidores.

## **48 RA - PAPA OSMODEHIDROCONGELADA FORTIFICADA CON CALCIO**

**SILVA PAZ, R. J.1; ROCHE, L. A.1,2; DELLA ROCCA P.A.1, MASCHERONI, R. H.2**

**1. IDETQA, Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional - UTN, Medrano 951, (C1179 AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.**

**E-mail: patriciadellarocca@hotmail.com**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

### **Resumen**

En la actualidad existe una tendencia creciente hacia el consumo de alimentos que conserven sus propiedades organolépticas y nutritivas luego de su transformación por procesos tecnológicos de conservación y culinarios. Éstos si bien mejoran la calidad de los productos al extender su vida útil y/o convertirlos en platos más digeribles y apetecibles, pueden provocar modificaciones en algunas de sus propiedades. Por ello, la importancia de mantener la textura luego de los tratamientos y aportar un valor adicional en nutrientes.

En el presente trabajo se estudió la impregnación con calcio en papas a través del tiempo durante un pretratamiento por deshidratación osmótica a vacío de 100 mbar. Asimismo, se determinó el contenido de calcio luego de ser congeladas, envasadas en atmósfera modificada y almacenadas durante tres meses y después de su cocción.

Metodología: Las papas (cubos de  $1 \pm 0.05$  cm de arista) se deshidrataron osmóticamente en una solución con una concentración de sacarosa (40 % m/m), cloruro de sodio (5 % m/m), ácido ascórbico (1 % m/m) y lactato de calcio (1 % m/m) a 40 °C durante 1 hora. La deshidratación se realizó en vacío a 100 mbar. La congelación se efectuó en un túnel con circulación de aire a  $-30 \pm 2$  °C y se envasó en atmósfera modificada (30% de CO<sub>2</sub> y 70 % de N<sub>2</sub>), en envases de material laminado poliamida biorientada-película de aluminio. Posteriormente, la papa se almacenó durante tres meses en un freezer doméstico y se descongeló a temperatura constante de 20 °C en un período de 2 h. Finalmente se realizó la cocción durante 10 min en agua en ebullición.

En todos los casos, la determinación de calcio de las muestras analizadas se llevó a cabo por espectrofotometría de absorción atómica. Las propiedades mecánicas de los cubos de papas se evaluaron a través de ensayos de compresión uniaxial (TA-XT2i Texture Analyser).

La pérdida de consistencia del tejido parenquimático de la papa durante los diferentes tratamientos se debe principalmente al daño físico producido por la formación de hielo durante la congelación, que conduce a la pérdida de turgencia de las células. Con el agregado de lactato de calcio este fenómeno logra atenuarse. Además, se produce una ventaja adicional sobre el producto en cuanto a su fortificación.

## 49 RA - EFECTO DEL TIPO DE SECADO EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HARINA DE LOMBRIZ

ZUTARA, M.S. 1; GIUNTA, S.A. 1; SÁNCHEZ CATORCENO, S. 1; TABOADA, V. 1; SULLCA, E. 1

1. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy. Italo Palanca N° 10 – (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: vetaboada@gmail.com

### Resumen

La lombricultura ha despertado en los últimos años un gran interés, por su repercusión en el ámbito nutricional y ecológico. Esta biotecnología utiliza la lombriz *Eisenia andrei* como una alternativa de reciclaje de desechos orgánicos de diferentes orígenes y como una fuente no convencional de proteínas y otros nutrientes a bajo costo. Este recurso no convencional se propone como una alternativa nutricional, dado que contiene los elementos esenciales para la alimentación humana, así como para la formulación de alimentos balanceados para animales, especialmente los peces de agua fría ya que estos tienen requerimientos básicos muy exigentes. Este trabajo evaluó la calidad microbiológica de la harina de lombriz *Eisenia andrei* sometida a dos métodos de secado, a-por calor en estufa a 40°C (método convencional) y b- por liofilizado (método que combina condiciones de vacío y baja temperatura). Para determinar la calidad microbiológica de las harinas en estudio se realizó la determinación de aerobios totales, coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras. La determinación de la carga microbiana total se realizó mediante el recuento en placa de bacterias heterótrofas mesófilas aeróbicas (BHMA) en agar nutritivo. Para la enumeración de coliformes se realizó un recuento en placa de coliformes en un medio selectivo para coliformes, agar bilis glucosa lactosa rojo neutro cristal violeta (VRBA) y los resultados presuntivos de estas pruebas fueron confirmados con métodos aprobados dirigidos al aislamiento e identificación de un microorganismo coliforme. La confirmación de coliformes se realizó en caldo con verde brillante y bilis al 2% (BGBLB). La determinación de mohos y levaduras se efectuó mediante recuento en placa en medio selectivo (agar Saboureaux glucosado). Los valores obtenidos para el análisis microbiológico fueron: aerobios:  $7,2 \times 10^4$  y  $6,4 \times 10^4$ , coliformes totales:  $< 3 \times 10^2$  y  $5,7 \times 10^2$ , coliformes fecales: ausencia y ausencia, mohos:  $4,4 \times 10^2$ ; y  $2,9 \times 10^4$  y levaduras  $3 \times 10^2$  y  $1 \times 10^3$ ) para la harina secada en estufa y para la harina liofilizada respectivamente. Estos valores son bajos y están de acuerdo con valores de referencia, confirmando la inocuidad del producto obtenido en ambos casos. Estos resultados indican que el método de secado no afecta a la inocuidad con respecto a la calidad microbiológica de los dos tipos de harina aquí analizados. Por lo tanto ambos tipos de harina de lombriz (liofilizada y secada en estufa) se presentan como una alternativa de fuente de proteína no convencional, que puede ser utilizada para el enriquecimiento de diferentes productos alimenticios procesados.

Keywords: harina de lombriz, *Eisenia andrei*, calidad microbiológica, inocuidad.

**50 RA - APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE  
RESPUESTA EN LA ELABORACIÓN DE UN NÉCTAR A BASE DE  
AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) Y SU CARACTERIZACIÓN SENSORIAL.**

**BAZALAR PEREDA, M. S.1; CABANA, R. del C.1 ;VITURRO, C. I.1**

**1. PRONOA, Facultad de Ingeniería, CIT JUJUY - CONICET, Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca N° 10 – (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina.  
E-mail: mayrasbp@gmail.com**

**Resumen**

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un fruto andino que recientemente comenzó a cultivarse en zona de altura de la provincia de Jujuy. Es pequeño y de forma redonda y se encuentra dentro de un capuchón que lo cubre completamente y lo protege del entorno. El contenido de nutrientes y de compuestos bioactivos le otorgan un efecto beneficioso para la salud y proveen características atractivas para su industrialización. En este trabajo se elaboró un néctar a base de aguaymanto y se definió su caracterización sensorial utilizando la metodología de superficie de respuesta. En la preparación del néctar se consideraron 2 variables independientes de rangos definidos en función del Código Alimentario Argentino: porcentaje de pulpa (50% a 70%) y porcentaje de azúcar (6% a 10%), siendo las variables dependientes las características sensoriales: color, sabor, textura, olor y aceptación general. La evaluación sensorial se realizó con un panel de 12 jueces no entrenados y consumidores habituales de productos similares, por medio de una escala no estructurada de 10 cm para cada atributo sensorial. Se utilizó un diseño compuesto central rotatable (DCCR) con un planeamiento factorial completo  $2^2$ , incluidos 4 puntos axiales y 3 repeticiones en el punto central, dando un total de 11 experimentos. Este diseño permitió obtener los modelos que definen el comportamiento del porcentaje de pulpa y azúcar respecto a la evaluación de las características sensoriales por parte de los jueces. Cada uno de los modelos resultantes para cada característica sensorial (variables dependientes) se ajustó a ecuaciones polinómicas de segundo orden. A través de la metodología de superficie de respuesta se determinaron los parámetros adecuados de porcentaje de pulpa y azúcar para obtener un néctar con características sensoriales adecuadas, los cuales fueron 60% de pulpa con 8% de azúcar, obteniéndose un valor de 7,22 para la aceptación general con un  $R^2 = 0,90$ .

## 51 RA - EXTRACTOS HERBALES NATIVOS PROMISORIOS: BIOACTIVIDADES FRENTE EXTRACTOS DE “TÉ VERDE”

QUISPE, C.L.1; BHULER, D.1; GONZALEZ, M.A.1; CABANA, R. del C. 1;  
VITURRO, C.I. 1

1. PRONOA, CIT Jujuy- UNJU CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad  
Nacional de Jujuy. Italo Palanca 10 - (4600) S.S. de Jujuy, Jujuy, Argentina  
E-mail: rcabana@fi.unju.edu.ar; rdccabana@yahoo.com

### Resumen

Las plantas aromáticas y medicinales nativas constituyen un componente importante de la flora en América Latina. En particular, *Clinopodium gilliesii* (Benth.) Kuntze, crece naturalmente en Argentina, en los borde de los ríos que descienden de zonas montañosas como de las provincias de Salta, Jujuy, entre otras. Recibe la denominación popular de “muña-muña”. En estudios previos<sup>1</sup> se realizó la identificación y cuantificación de compuestos fenólicos presentes en distintos extractos de *C. gilliesii*. Por otro lado se caracterizó sensorialmente sus infusiones correlacionando la misma con la composición volátil:  $\alpha$ -terpineol, citronelol, carvona aportan al carácter herbáceo y mentolado; linalool y terpineol proveen notas florales y dulce-florales, respectivamente; el timol aportaría al aroma maderoso, serían responsables del aroma y sabor mentol/menta, los terpenos pulegona, y carvilacetato; y el  $\alpha$ -cariofileno proveería notas especiadas y amaderadas. En el presente trabajo se evaluó bioactividades de infusiones y otros extractos acuosos (decocciones, hidrolatos) de *C. gilliesii* y de té verde-*Camellia sinensis*-cultivado y comercializado en Argentina.

Se determinaron los rendimientos de extracción en base seca, la actividad antirradicalaria(AAR) utilizando la técnica del radical DPPH<sup>1</sup> y preliminarmente la citotoxicidad de los extractos mediante la prueba de mortalidad de *Artemia salina*. Los rendimientos rondaron entre el 20 y 33 %. Todos los extractos mostraron una importante AAR, los menores IC<sub>50</sub> fueron 14,3 y 9,0  $\mu$ g/mL; siendo los extractos de té verde levemente más efectivos.

Este resultado se corresponde con la composición polifenólica de ambas especies, pues poseen varios compuestos en común como algunos ácidos hidroxycinámicos y derivados y algunos flavan-3-oles, principales polifenoles del té verde. En cuanto a la citotoxicidad, los hidrolatos de *C. gilliesii*, extractos acuosos, desodorizados, fueron los más inocuos. Mientras que para el resto de los extractos, los resultados obtenidos son comparables a los obtenidos con los de té verde. Los resultados sugieren que *Clinopodium gilliesii* posee bioactividades muy similares al té verde, que sumado a sus características aromáticas colocan a esta especie nativa como una potencial alternativa a su uso en la industria de las bebidas como en otras.

Referencias: Cabana, R.; Silva, Luis R.; Valentao, S.L.; Viturro, C.I.; Andrade, P. Industrial Crops and Products. 2013, 48, 49-56. Cabana R. del C., Tesis Doctoral: “Productos funcionalizados para infusiones, a partir de especies aromáticas y medicinales de la región”. Facultad de Ingeniería UNJu. 2014.



## 52 RA - CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO SIÁLICO EN LECHEs NO TRADICIONALES OVEJA, BÚFALA Y CABRA

ROMERO, S.; PALMA, S. Y MEINARDI, C.

Instituto de Lactlogia Industrial (INLAIN) Fac. de Ing. Qca. UNL-CONICET  
Santiago del Estero 2829-(3000) Santa Fe, Argentina  
E-mail: [spalma@fiq.unl.edu.ar](mailto:spalma@fiq.unl.edu.ar)

### Resumen

La hidrólisis de la  $\kappa$ -caseína por acción del coagulante durante la elaboración de los quesos produce un péptido conocido como glicomacropéptido (GMP), el cual se solubiliza en el suero de que sería. En la secuencia aminoacídica del GMC se encuentra unido el ácido siálico o ácido N-acetilneuramínico, un derivado de azúcares.

El objetivo del presente trabajo es determinar la concentración de ácido siálico en leches no tradicionales (búfalas, oveja y cabra), y después de diferentes procesos físicos (conservación en frío, descremado, tratamientos térmicos) y químicos como la coagulación enzimática normalmente presente en la elaboración de la mayoría de los quesos. Esta información tiene mucha importancia en la detección de adulteraciones donde se incluye suero de quesería a un producto lácteo sin declararlo en su rótulo.

Para cuantificar el ácido siálico se utilizó el método por espectroscopia visible según Gazzetta Ufficiale de la CEE N° L 213. La leche es tratada con tricloroacético al 12% para separar todo el nitrógeno no proteico. El GMP con el ácido siálico es precipitado con ácido fosfotúngstico y por hidrólisis ácida se libera el ácido siálico formando con resorcina un compuesto coloreado que se valora a 580nm.

Las leches de búfala, oveja, cabra fueron provistas por la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja (EAGG) de la ciudad de Esperanza de Santa Fe.

Se determinó el ácido siálico libre por duplicado, en leches y sueros fluidos de las tres especies, también en leches de cabra en polvo descremada y entera comercial. Los resultados fueron calculados con la ecuación  $Z = C \cdot 8$ .

Donde C representa la cantidad de ácido siálico expresada en  $\mu\text{g}$ , leída de la curva de calibrado  $A = 0.0049 \cdot C + 0.0118$

Los valores obtenidos para leche fluida fueron: en cabra  $10,2 \pm 2,5 \mu\text{g/ml}$ , en oveja  $16,9 \pm 2,8 \mu\text{g/ml}$  y en búfala  $10,6 \pm 0,8 \mu\text{g/ml}$ ; en leche mezcla (25% oveja y 75% de búfala) de  $13,2 \mu\text{g/ml}$ . Los valores en sueros de las mismas especies son  $65 \pm 10,9 \mu\text{g/ml}$ ;  $34,4 \pm 0,7 \mu\text{g/ml}$ ;  $109,9 \pm 15 \mu\text{g/ml}$  y  $49 \pm 0,1 \mu\text{g/ml}$  respectivamente. En todos los casos superiores a los valores obtenidos para leche fluida bovina cuyo valor fue de  $5,3 \pm 2,5 \mu\text{g/ml}$  y suero bovino  $70,6 \pm 10,9 \mu\text{g/ml}$ . Mientras que las leches en polvo comercial semidescremado y entera tuvieron valores de  $100,3 \pm 2,8 \mu\text{g/g}$  y de  $72,6 \pm 1,2 \mu\text{g/g}$  respectivamente lo que permite inferir que el tratamiento de secado incrementa su valor solo por concentración.

Poca información se encuentra disponible en nuestro país respecto a los valores normales de ácido siálico en estas leches que se comercializan cada vez más en dietéticas y/o supermercados. Se necesitan más determinaciones para contar con valores de referencias, ya que estas leches son estacionales.

## **53 RA - EFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE LA INACTIVACIÓN DE LIPASAS EN LAMINADO DE SOJA POR APLICACIÓN DE MICROONDAS.**

**SANCHEZ CERVIÑO, M. C.1; MUFARI, J. R.2; MONTOYA, P. A.1,2.; GRASSO, F. V.1,2**

**1. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Vélez Sarsfield 1602 - (5000) Córdoba, Córdoba. Argentina.**

**E-mail: [fgrasso@agro.unc.edu.ar](mailto:fgrasso@agro.unc.edu.ar)**

**2. ICTA (CONICET y Universidad Nacional de Córdoba). Vélez Sarsfield 1602 - (5000) Córdoba, Córdoba. Argentina.**

### **Resumen**

El calentamiento por microondas ha sido empleado con distinta efectividad para inactivar lipasas en diversos materiales como salvado de cereales, germen, granos de soja (Vetrimani y col., 1992; Jiaxun y col., 1993), nueces (Ramesh y col., 1995), semillas de colza (Ponne y col., 1996), aceite de oliva (Farag y col., 1997).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia que ejerce el contenido de humedad sobre el proceso de inactivación de lipasas en laminado de soja empleando microondas. Se realizaron ensayos sobre muestras de masa constante de laminado de soja ajustando el contenido inicial de humedad a 20, 40 y 60 %. Se utilizó un tratamiento con microondas a condiciones fijas de potencia (80 % de la potencia máxima, 900 w/2450 MHz) y tiempo de exposición (2 minutos). Dichas condiciones fueron seleccionadas de ensayos previos teniendo en cuenta la actividad lipásica residual y los índices de peróxido y acidez en el aceite obtenido a partir del sólido con tratamiento de microondas. Se separó un extracto enzimático por extracción a 4 °C over night de cada una de las muestras tratadas (Ponne y col., 1996). Se analizó proteína total sobre cada extracto empleando la técnica de Bradford para determinar si el tratamiento de microondas modifica la extractabilidad. La actividad lipásica residual se determinó incubando el extracto enzimático con p-nitrofenolbutirato y se cuantificó el producto liberado espectrofotométricamente a 405 nm (Gomes, N. y col., 2011). Adicionalmente, se determinó un perfil electroforético sobre cada extracto enzimático para evaluar la solubilidad luego del tratamiento. Se empleó la técnica de electroforesis nativa y SDS-PAGE con y sin agente reductor.

Los resultados obtenidos muestran que el grado de inactivación de lipasa es inversamente proporcional al contenido de humedad inicial del laminado de soja. La máxima inactivación (~ 95%) se obtiene para el menor contenido de humedad inicial (20%). El contenido de proteína total en los extractos fue igual para todos los sólidos evidenciando que la extractabilidad no es afectada por el tratamiento. Las electroforesis mostraron que la máxima solubilidad la presentó el extracto enzimático sin tratamiento mientras que la menor pérdida de solubilidad se obtuvo para el 40%, siendo más altas estas pérdidas para 20 y 60% de humedad. La elección de las condiciones iniciales del laminado y los parámetros tiempo-potencia del tratamiento con microondas será una solución de compromiso entre el grado de inactivación y el deterioro producido sobre el material.

## 54 RA - ESTUDIO DE PROPÓLEOS DE TRANCAS PARA SU APLICACIÓN TECNOLÓGICA ALIMENTARIA

LOPEZ AIRAGHI, F.<sup>1</sup>; TOLAY, M.<sup>1</sup>; ACOSTA, C.<sup>2</sup>; SALGUERO, A.<sup>2</sup>; BOGGETTI, H.<sup>2</sup>; NUÑO, F.<sup>1</sup>; VICENTE, P.<sup>1</sup>; YAMAGUCHI, L. F.<sup>3</sup>; TERESCHUK, L.<sup>1</sup>; GONZÁLEZ, M.<sup>1</sup>

1. Cátedra de Química Orgánica. Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800 - (4000) S.M. Tucumán, Tucumán. Argentina.

E-mail: [pauvcentegmailcom](mailto:pauvcentegmailcom)

2. Departamento de Ciencias Químicas. Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912 – (4200) Santiago del Estero, Argentina.

3. Instituto de Química. USP. Av. P. L. Prestes 748 - (5008) Sao Paulo. Brasil.

### Resumen

Los alimentos funcionales contienen componentes que además de la función de nutrición, mejoran la salud. El propóleo, es elaborado por *Apis mellifera* a partir de resinas vegetales. Actualmente se estudian propóleos como fuentes de antioxidantes naturales para utilizarlos en alimentos funcionales y preparados farmacéuticos. Entre sus compuestos bioactivos se destacan los compuestos fenólicos por su alta concentración. Las tecnologías nuevas de extracción llamadas “limpias”, como las de fluido supercrítico, están a la vanguardia por la rapidez para obtener extractos sin dañar el medio ambiente y por su eficiencia. El objetivo de este trabajo fue realizar el estudio de propóleos de Trancas (Pro6DA) – Tucumán - para su aplicación en tecnología alimentaria. Con este propósito se hicieron extractos convencionales (EEP) en etanol 80% y extractos con fluido supercrítico de CO<sub>2</sub> (EFS), los que fueron analizados por HPTLC (ciclohexano; AcOEt; HAc - 31:14:5) para comparar sus *fingerprint*. Los EFS y EEP fueron estudiados por HPLC. MS y RMN-H<sup>1</sup> en mezcla de CDCl<sub>3</sub> y MeOD (200 MHz), de los picos separados por HPLC. Se efectuó el estudio fotoquímico de Pro6DA para evidenciar su capacidad antioxidante. Se evaluó Pro6DA como protector frente a especies oxidativas generadas por luz natural en presencia de Riboflavina (Rf), que produce la interacción de Pro6DA con sus estados electrónicamente excitados singlete y triplete. A partir de ahí se desencadenan una serie de pasos generadores de EROs. Se usó espectroscopía de absorción, detección polarográfica de O<sub>2</sub> disuelto y una serie de reacciones clásicas de identificación de EROs. El rendimiento en las extracciones fue de 58,16% (EFS) y 32% (EEP). El contenido fenólico fue de 838 mgEAG/g EEP y 700 mgEAG/g EFS. En HPTLC y HPLC los perfiles fueron idénticos. Los compuestos mayoritarios fueron flavonoides. En cuanto al estudio fotoquímico con desactivantes de especies oxidantes y EROs, se estableció que a 40 [μg/mL] de Pro6DA (agua – EtOH [1:1]) Rf (Absλ<sub>445</sub>= 0,4), bajo irradiación de luz visible, se generaron ión radical superóxido y oxígeno singlete molecular. Pro6DA se presentó como antioxidante de sacrificio. Desactiva EROs pero se degrada. La capacidad fotoprotectora resultó comparable con la de Trolox. Al estudiar los sistemas Rf (Absλ<sub>445</sub>= 0,4)/Triptófano (0,5 [mM]) y Rf (Absλ<sub>445</sub>= 0,4)/Trp 0,5 [mM]/Pro6DA 40 [μg/mL] se observó la capacidad de Pro6DA para reducir la velocidad de la oxidación de Trp fotosensibilizado. La capacidad fotoprotectora de Pro6DA perfila un campo prometedor para el uso de este producto de la colmena en el diseño de alimentos funcionales.

## **55 RA - DIFERENCIAS DE PODER ESPUMANTE DE PROTEINAS DE DISTINTO ORIGEN VEGETAL**

**SEGUNDO C. N. , CALLIOPE, S. R.; LOBO, M. O. , SAMMAN N. C.**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Italo Palanca 10-(4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy Argentina.**

**E-mail: segundocristina@gmail.com**

### **Resumen**

La capacidad espumante es una propiedad funcional importante de las proteínas, de gran aplicación en la industria alimentaria. Esta se puede caracterizar tanto por la capacidad espumante en sí de cada proteína como por la estabilidad de la espuma formada. En la provincia de Jujuy se producen legumbres y granos andinos con alto contenido proteico que podrían utilizarse para la producción de aislados de proteínas. El objetivo de este estudio fue evaluar aislados proteicos de granos andinos como agentes espumantes a distintos pH, en presencia de sal y agua. Los aislados se obtuvieron a partir de quínoa, kiwicha, haba y porotos rojo, blanco y negro. La extracción de las proteínas a partir de las harinas desgrasadas se realizó a pH 9,5 (50°C), se precipitó a pH 4,5, se neutralizó y secó a 50°C. Se determinó la composición proximal por métodos oficiales AOAC. Para determinar la solubilidad (método Bradford) y las propiedades espumantes se prepararon dispersiones al 1% en agua destilada y en NaCl (0,1 N). Se reguló el pH a 2, 4, 7 y 9 con NaOH y HCl 0,1 N. Se agitaron las dispersiones en mezclador centrífugo por 5 min y se trasvasaron a probeta graduada. Se determinó overrun (Vespuma/Vlíquido) y estabilidad (Vespuma a 30 min/Vespuma inicial). La concentración proteica de los aislados de quínoa (APQ), kiwicha (APK), haba (APH), poroto rojo (APR), poroto blanco (APB) y negro (APN) fueron 72, 66, 80, 94, 85 y 85% respectivamente, mientras que el contenido de cenizas fue 5,9; 4,9; 4,9; 5,4; 4,3 y 4,4%. Todos los aislados presentaron mínima solubilidad a pH 4 obteniéndose el mayor valor para APB en agua destilada (72%). Los aislados presentaron mayor overrun en agua destilada, APK, APH, APR a pH 2 (390, 305 y 264%); APQ y APB a pH 7 (253 y 329%) y APN a pH 9 (311%). Se consiguió mayor estabilidad de las espumas en solución de NaCl resultando más eficiente el APQ (98%). En general las espumas formuladas con aislados proteicos de cultivos andinos presentaron mayor estabilidad que las formadas con las proteínas de legumbres ensayadas. El uso de estos aislados proteicos como agentes espumantes es factible, dependerá su acción del pH y la presencia de sales en el producto alimenticio.

## **56 RA - DIVERSIFICACIÓN VITÍCOLA: UN ACIDULANTE NATURAL.**

**VIGNONI, L; TAPIA O; POSSOBÓN, P; VENTRERA, N; GUINLE,V; GIMENEZ, A; MIRÁBILE, M.**

**Cátedra de Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo.**

**Alte. Brown 500, (5505) Chacras de Coria. Mendoza**

**E-mail:[lvignoni@fca.uncu.edu.ar](mailto:lvignoni@fca.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

La provincia de Mendoza es la región vitivinícola más importante de Argentina, representando más del 75% de la producción nacional. El Fondo vitivinícola Mendoza tiene como misión

“Promover el consumo del vino en Argentina, la difusión de su cultura y el crecimiento de la actividad, a través de estrategias y acciones de comunicación”. También existe la producción de uva en fresco, elaboración de pasas y jugo de uva como otros productos de importancia.

La defensa de la economía regional lleva a pensar en otros productos. Considerando que en términos económicos, el valor agregado es el valor económico adicional que adquieren los bienes al ser transformados durante el proceso productivo, es decir valor que se añade a las materias primas utilizadas, resulta de interés dar valor a las uvas que se obtienen del raleo de racimos que se practica para mejorar la calidad de la uva. El jugo obtenido de las uvas verdes puede utilizarse como acidulante natural similar al jugo de limón.

El objetivo planteado fue obtener jugo de uva verde de diferentes variedades y realizar la caracterización de los mismos.

Se trabajó con las variedades Pedro Gimenez (PG), Bonarda (B), Malbec (M) y Criolla (C). Procedentes de San Martín (PG, B y C) y Luján (M y C) cosechadas el 16/12/13

Las uvas, medidas y pesadas, se procesaron mediante una extractora centrífuga midiendo el volumen para el cálculo de rendimiento. El jugo se envasó en recipientes de vidrio (250 ml). Para la conservación se utilizaron dos metodologías: Pasteurización (BMH - 20) y Congelación (-18°C). Se obtuvieron 15 muestras de cada variedad, los análisis se realizaron por triplicado.

La caracterización se realizó mediante determinación de sólidos solubles (refractometría), acidez titulable (volumetría), acidez potencial (potenciometría), turbidez (turbidímetro), vitamina C (volumetría), color (espectrofotometría 450 nm). Se aplicó ADEVA  $\alpha=0,05$  y Tukey.

El rendimiento fue adecuado para este producto: 57% para Pedro Gimenez; 48% para Bonarda, 54% para Malbec y 58% para Criolla.

Sin diferencias significativas en sólidos solubles ( $p > 0,4872$ ) en Vitamina C ( $p < 0,0618$ ). En pH hay diferencias ( $p < 0,0151$ ). entre PG y B y entre C y B. La acidez titulable resultó con diferencias entre variedades ( $p < 0,0001$ ).

Se presentaron diferencias de color y turbidez de acuerdo a la conservación.

Este producto es una alternativa para los productores y podría utilizarse en reemplazo del jugo de limón valorado por ser natural y otros acidulantes, ofreciendo un nuevo producto Regional.

## **57 RA - ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN AJO COMBINANDO LÍQUIDOS IÓNICOS Y NANOTUBOS DE CARBONO CON DETECCIÓN POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ELECTROTÉRMICA**

**CASTRO GRIJALBA, A.1,2; PEREZ, M.B.1,2; WUILLOUD, R. G.1,2**

**<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Cuyo. Padre Jorge Contreras 1300. Mendoza Ciudad (5500)-Mendoza.**

**E-mail: rodolfowuilloud@gmail.com; rwuilloud@mendoza-conicet.gob.ar**

**<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas**

### **Resumen**

El Arsénico (As) es un elemento extremadamente tóxico y su toxicidad no solo depende del nivel de exposición, sino también de las diferentes formas químicas (especies) bajo las cuales puede estar presente. Así, las especies inorgánicas de As son más tóxicas que las orgánicas. Por esta razón, es importante desarrollar metodologías analíticas que permitan detectar y cuantificar individualmente estas especies en alimentos como por ejemplo el ajo. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología de preconcentración que permita detectar y cuantificar las especies inorgánicas de As (As(V) (arsenato) y As(III) (arsenito), utilizando la capacidad del ion arsenato para formar complejos con el anión molibdato y, a su vez, la formación de pares iónicos con un líquido iónico (IL) tipo fosfonio.

En medio ácido (pH=1.0) se formó un complejo estable entre el anión arsenato y el anión molibdato. Este complejo luego formó un par iónico con el catión del IL cloruro de tetradecil(hexil)fosfonio, para su posterior retención sobre adsorbentes de última generación como son los nanotubos de carbono (NTCs). Los NTCs fueron dispersados y el "slurry" obtenido se inyectó directamente en el horno de grafito para la determinación de As por ETAAS. Para el análisis de las muestras se realizó previamente una extracción de las especies inorgánicas de As en una solución de ácido sulfúrico 1 M. La determinación de As total se realizó con una oxidación total del extracto hacia As(V), determinándose la especie As(III) a partir de la diferencia entre As total y el As(V) que se determina en el extracto directamente.

De esta manera, se logró desarrollar una eficiente metodología analítica para la separación y preconcentración de las especies inorgánicas de As utilizando ILs y NTCs. El factor de refuerzo de la sensibilidad analítica fue de al menos 70 y el límite de detección obtenido fue de 7.0 ng/L. La adsorción del par iónico sobre los NTCs permitió que se pudiera eliminar la utilización de solventes orgánicos haciendo esta metodología más amigable con el medio ambiente.

## 58 RA - EFECTO DE DIFERENTES PROCESOS DE COCCION SOBRE LAS PROTEINAS PRESENTES EN AJOS COMUNES Y BIOFORTIFICADOS CON SELENIO

PEREZ, M.B.<sup>1,2</sup>; ÁVILA MANIERO<sup>1,2</sup>, M.; WUILLOUD, R.G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Analítica para Investigación y Desarrollo (QUIANID), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo, Padre J. Contreras 1300, 5500 Mendoza, Argentina.

E-mail: [rodolfowuilooud@gmail.com](mailto:rodolfowuilooud@gmail.com); [rwuilloud@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:rwuilloud@mendoza-conicet.gob.ar)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

### Resumen

El ajo (*Allium sativum* L.) es conocido por sus efectos beneficiosos (anticoagulante, vasodilatador, reductor de grasa y colesterol, germicida, antiinflamatorio y anticancerígeno), además tiene la capacidad de bioacumular Selenio (Se), un elemento esencial para humanos, con propiedades antioxidantes y anticancerígenas. El cual se encuentra formando uniones químicas con proteínas.

El consumo de ajo procesado (picado y cocido) se ha incrementado en estos años en comparación con el ajo crudo. Sin embargo el procesamiento puede afectar la actividad biológica del ajo, por ejemplo reacciones como la de Maillard, modifican la estructura de componentes bioactivos como las proteínas.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes métodos de cocción en los perfiles proteicos de ajo común y biofortificado con Se, este último resultante de la acumulación del elemento frente a una exposición controlada de la planta de ajo.

El desarrollo del trabajo consistió en tomar dos muestras de ajo (testigo y biofortificada con Se -19,820 µg Se g<sup>-1</sup> ajo), las que se sometieron a cuatro procedimientos de cocción:

- Agua hirviendo durante 10 min; Vapor durante 10 min; Horno (180°) durante 10 min; Microondas (800 W) durante 3 min; Aceite de girasol (175°) durante 3 min.

Luego de la cocción, las muestras fueron liofilizadas, mientras que las tratadas con aceite, debieron lavarse con hexano para eliminar previamente el aceite remanente. A continuación se realizó una extracción con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,05 M durante 1 hora bajo agitación y se centrifugó (3500 rpm por 10 min). Se filtró el sobrenadante mediante un filtro de Poli éter sulfona (0,22 µm). Finalmente las muestras fueron analizadas por cromatografía líquida de exclusión por tamaño (SEC) con detección UV-Visible (280 nm) utilizando como fase móvil una solución de Tris 0,05 M a pH 7,3.

Al analizar los perfiles cromatográficos obtenidos, no se observan diferencias significativas entre aquellos obtenidos para las muestras testigo y biofortificada. Sin embargo, si se observan diferencias en los cromatogramas de los diferentes procesos de cocción. Siendo las diferencias más importantes observadas en las muestras cocinadas en horno, microondas y aceite. El Se es metabolizado en el ajo sin afectar los perfiles proteicos. Sin embargo, las altas temperaturas generadas durante la cocción en horno, microondas y aceite, provocan que estas estructuras se modifiquen, pudiendo perder parte de las propiedades beneficiosas que el ajo posee.

**59 RA - EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD  
HIDROLÍTICA/TRANSGALACTOSIDASA DE ENZIMAS  $\beta$ -GALACTOSIDASAS  
PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS FUNCIONALES**

**BARRALE, L.; REBECHI, S.; VÉNICA, C.; PEROTTI, C.; BERGAMINI, C.**

**Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), Facultad de Ingeniería Química, UNL -  
CONICET. Santiago del Estero 2829, (3000), Santa Fe, Argentina.  
E-mail: cvberg@fiq.unl.edu.ar**

**Resumen**

La incorporación de la enzima  $\beta$ -galactosidasa en el proceso de elaboración de un producto lácteo se realiza con el objetivo de hidrolizar la lactosa, ya sea para la obtención de un alimento reducido en este azúcar destinado a personas intolerantes a la misma o para disminuir problemas tecnológicos asociados a su cristalización. Sin embargo, esta enzima también puede tener actividad transgalactosidasa lo que conduce a la producción de galacto-oligosacáridos (GOS), compuestos bioactivos con capacidad prebiótica. En el presente trabajo se estudió la influencia de la concentración de lactosa inicial y la dosis de la enzima  $\beta$ -galactosidasa en la hidrólisis de lactosa y en los niveles de GOS producidos. En un primer paso, se realizaron ensayos de incubación de soluciones de distinta concentración de lactosa (5, 10 y 20% p/p) con la adición de diferentes niveles de una enzima  $\beta$ -galactosidasa comercial (0,16, 0,25 y 0,40 g/L), y se evaluó la hidrólisis de lactosa y producción de GOS a diferentes tiempos durante la incubación (3 h/42°C). En estas experiencias se comprobó que la formación de GOS fue favorecida con el incremento en la concentración de lactosa y dosis de enzima, mientras que la hidrólisis fue más importante a menores niveles de lactosa. Además, se observó que los GOS se hidrolizaron luego de alcanzar un máximo en las situaciones con mayores dosis de enzima y menor concentración de lactosa. Se pudo comprobar asimismo que diferentes combinaciones de concentración de lactosa inicial y dosis de enzima permiten obtener similares resultados en cuanto a los niveles de lactosa residual y de GOS producidos. En una segunda etapa, se compararon las actividades hidrolíticas y transgalactosidasas de seis enzimas  $\beta$ -galactosidasa comerciales que se incubaron (3 h/42°C) en una matriz láctea adecuada para la elaboración de un yogur batido (leche entera fluida + 2,00% WPC 35, y 2,25% de leche en polvo descremada). Las seis enzimas en estudio demostraron poseer similar performance, en las condiciones ensayadas, en relación a las actividades enzimáticas de interés. Los porcentajes de hidrólisis al final de la incubación fueron entre 73-80 %. Los niveles máximos de GOS (0,46-0,49 g/100 g) se alcanzaron a las 2 h, observándose en la mayoría de los casos una leve disminución a las 3 h (0,42-0,48 g/100 g). En el presente trabajo se comprobó que las seis enzimas podrían ser adecuadas para obtener un producto lácteo funcional: reducido en lactosa y enriquecido en GOS, y que las condiciones de uso de la enzima deben ser definidas de acuerdo a la composición de la matriz y a las características del producto que se quiere elaborar.



## **60 RA - ADECUACIÓN DEL USO DE HARINA DE CHÍA EN PANIFICADOS SIN GLUTEN, EN MÁQUINA PANIFICADORA DOMÉSTICA**

**PASSERINI, M. B., ABBRUZZESE, C. y GALLO, A.**

**Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, (6700)**

**Luján, Buenos Aires, Argentina**

**E-mail: [belenpass@gmail.com](mailto:belenpass@gmail.com)**

### **Resumen**

La harina de chía es una opción interesante para incorporar fibra en la dieta celíaca, además aporta AGE omega 3 y 6. El elevado costo de los panificados sin TACC y la limitada oferta de productos con fibra, hace que el uso de las máquinas de panificación hogareña pueda resultar una salida económicamente atractiva para los consumidores celíacos. Estos programas de amasado y cocción están estandarizados para harina de trigo. La sustitución de ingredientes farináceos, y el salvado de trigo por la harina de chía, presenta un desafío.

Este trabajo pretende adaptar una formulación y procedimiento estándar de panificación en un electrodoméstico, para alcanzar al consumidor celíaco una alternativa de panificación sin TACC rico en fibra y omega 3 y 6.

Se utilizaron harina de arroz, almidón de maíz, fécula de mandioca, harina de chía, manteca, azúcar, sal, levadura instantánea, goma guar, colorante caramelo, agua potable, máquina elaboradora de pan Philips HD9020/40 y su recetario. Se siguió el protocolo de elaboración de pan rico en fibra, que abarca las etapas de dosificación, precalentamiento, primer amasado, primera fermentación, segundo amasado, segunda fermentación y cocción. Se registraron altura, color, textura, corteza y aspecto de la miga de las piezas de pan.

Previamente se elaboraron panes con harina de trigo sustituyendo salvado de trigo por harina de chía para observar el comportamiento de esta sustitución. Debieron adecuarse los volúmenes de agua sugeridos, así como mejorar el color verdoso mediante agregado de colorante caramelo, para lograr un buen producto.

Para los panes con chía, se emplearon (% base seca), harina de chía (12) y mezcla de harina de arroz/ almidón de maíz/ fécula de mandioca (30/22/22). Las piezas presentaban escasa altura, superficie agrietada y hundida, miga compacta y color pardo oscuro. El segundo amasado afecta negativamente, destruyendo la estructura desarrollada en la primera fermentación. Se ensayó luego un programa de amasado/ fermentación simples. El producto presenta corteza con forma de campana. La miga es muy compacta con alveolos muy pequeños. Esto evidencia la necesidad de utilizar estabilizante para la formulación sin TACC, por lo que se adiciona goma guar (2%).

Se obtuvieron piezas de volumen, textura, sabor y color aceptables. Con las adecuaciones propuestas, formulación y programa de simple amasado, se ha logrado utilizar satisfactoriamente una máquina doméstica para la obtención de panificados sin gluten ricos en fibra y AGE omega 3 y 6, con harina de chía. Lo cual constituye una opción económica y nutricionalmente atractiva para los consumidores celíacos.

## 61 RA - MODELADO DEL SECADO DE PURÉ DE TOPINAMBUR

**NIEVAS, M. ; GRZONA, L. M. ; CARRIZO FLORES, R.; GRZONA, C.;  
COMELLI, N.; PONZI, M.**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis.  
Ruta Prov. 55 Ext. Norte - (5730) V. Mercedes, San Luis. Argentina  
E-mail: [mponzi@fices.unsl.edu.ar](mailto:mponzi@fices.unsl.edu.ar), [myriam.grzona@gmail.com](mailto:myriam.grzona@gmail.com)**

### **Resumen**

El topinambur puede considerarse un alimento funcional por las acciones benéficas en la salud humana. Los tubérculos de topinambur almacenan su reserva en una clase de hidratos de carbono conocida como fructanos, y dentro de éstos la inulina es la que está presente en mayor proporción. La harina obtenida de tubérculos de topinambur constituye una opción para proporcionar una fuente de fructooligosacáridos, es decir prebióticos útiles que promuevan el crecimiento de bacterias benéficas en el tracto digestivo humano. Las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la harina dependen del proceso de deshidratación, por lo que resulta de interés determinar las mejores condiciones de pretratamiento y operativas que permitan obtener un producto con características apropiadas para ser utilizado en la formulación de un alimento. Dada la forma irregular de los tubérculos se decidió realizar una precocción para facilitar el pelado. El puré obtenido fue secado en un horno deshidratador solar mixto. Con objeto de aportar datos de interés para el proceso de conservación se obtuvieron isotermas de desorción a 25°C para el puré fresco y la harina obtenida a partir del producto deshidratado. Los datos experimentales muestran en ambos casos isotermas tipo II y ajustaron al modelo de GAB con un  $R^2$  de 0.980 y 0.985 respectivamente. El propósito de este trabajo fue encontrar un modelo que permitiera predecir el tiempo de secado de una lámina de puré de topinambur con diferentes condiciones de temperatura. El equipo utilizado es un horno deshidratador solar mixto con una velocidad de aire constante de 0.9 m/s. La humedad relativa del aire a la entrada del colector varió entre el 28% y 35%. El puré fue moldeado en forma de una lámina rectangular de 15 cm x 25 cm x 0.20 cm de espesor. Se midió el encogimiento de las muestras. De acuerdo a los datos de la cinética la velocidad de secado aumentó con la temperatura. El tiempo requerido para secar el producto hasta una humedad en base seca de 0.2 fueron 26, 20 y 18 horas para las temperaturas de secado de 40, 50 y 60°C respectivamente. Los coeficientes de difusión del modelo de Fick variaron entre  $6.84 \cdot 10^{-11}$  a  $1.02 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . El modelo de Page ajustó adecuadamente los datos experimentales con  $R^2$  de 0.998. Se encontró que el parámetro  $n$  ( $=1.26$ ) no se modificó con la temperatura.

## 62 RA - TOSTADO CON MICROONDAS DE COPOS DE MAÍZ

GONZÁLEZ, L.C.; TOLABA, M. P.

Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires. Argentina

E-mail: [mtolaba@di.fcen.uba.ar](mailto:mtolaba@di.fcen.uba.ar)

### Resumen

Las hojuelas cocidas procedentes del proceso de laminado tienen una humedad de 17% b.h. que debe reducirse hasta 2-4% b.h. para obtener un snack crocante y microbiológicamente seguro. Tradicionalmente se secan durante 40-50 s en túnel de convección forzada (200-300°C) de alta eficiencia. El objetivo fue estudiar el efecto de la potencia (840-504 W) y el tiempo (0-95 s) en la cinética de secado por microondas, la densidad aparente, el espesor y la calidad sensorial de los copos. Se usó un horno de microondas doméstico con una potencia máxima de salida de 1000W y 2450 MHz, equipado con un disco de vidrio giratorio (300 mm), ventilador para el flujo de aire y enfriamiento del magnetron. La muestra (20 g) se dispuso en el interior de la cámara (330 mm x 200 mm x 340 mm) en forma de monocapa ubicándose en el centro del disco. Se registró el peso de la muestra en una balanza digital cada 5 ó 10 s. La densidad aparente se calculó en base a la masa de hojuelas contenidas en 500 ml, el espesor se midió con un calibre digital y se estableció una escala sensorial de tres puntos: gomoso, crocante (óptimo) y quemado. La cinética de secado se simuló satisfactoriamente ( $R^2 > 0,84$ ) mediante la ecuación de Peleg. Los valores de los parámetros del modelo variaron entre -3,3 y -7,4 ( $k_1$  en g agua/g solido seco) y entre 473-1182 ( $k_2$  en s/g agua . g sol seco<sup>-1</sup>). La velocidad inicial de secado ( $1/k_2$ ) se incrementó linealmente con la potencia aplicada. La densidad aparente disminuyó exponencialmente con el tiempo de tratamiento alcanzando un valor asintótico dependiente del nivel de potencia usado y el espesor de la hojuela se incrementó hasta 2,5 veces respecto del valor inicial. La condición óptima (crocancia) correspondió a un contenido de humedad de 2-5% (b.s.) y se alcanzó en 50 s (840 W), 70 s (672 W) y 90 s (504 W) según la potencia empleada. En estas condiciones la densidad aparente presentó una reducción promedio del 26% respecto del valor inicial. Los resultados preliminares encontrados indican que el secado por microondas permite alcanzar rápidamente un muy bajo contenido de agua en el producto final, presentándose como una alternativa interesante al secado tradicional en tunel. Las características organolépticas alcanzadas en el producto obtenido por tostado en microondas son conformes a los estándares utilizados para el secado por convección forzada.

Palabras clave: secado, Peleg, densidad aparente, snacks

## **63 RA - EFECTO DE LOS SUSTITUTOS DEL GLUTEN EN LOS ATRIBUTOS DE LOS FIDEOS DE ARROZ MEDIANTE DISEÑO DE MEZCLA**

**LOUBES, M. A.1; FLORES S.K.1,2; TOLABA, M. P.1**

**1. Argentina Depto. de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.**

**E-mail: [mtolaba@di.fcen.uba.ar](mailto:mtolaba@di.fcen.uba.ar)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).**

### **Resumen**

El diseño de mezcla aplicado al desarrollo de alimentos permite determinar la combinación de ingredientes que proporciona al producto las características requeridas. En la formulación de pastas aptas para celíacos debe determinarse la combinación de ingredientes funcionales (gomas, almidones modificados) que actúan como sustitutos del gluten. El objetivo del presente trabajo fue evaluar, mediante un diseño de mezcla, el efecto de tres ingredientes funcionales sobre las propiedades mecánicas y de cocción, de las pastas frescas elaboradas a base de harina de arroz. Como sustitutos del gluten se usaron: almidón de maíz gelatinizado (AMG, 4,8-8,5% p/p), goma xántica (GX, 0-3,7% p/p) y goma guar (GG, 0-3,7% p/p); los cuales se adicionaron a formulaciones de harina de arroz modificada (86,7% p/p) y harina de arroz modificada gelatinizada (4,8% p/p), de acuerdo a un diseño simplex-centroide, restringiéndose la suma de ingredientes funcionales al 8,5% de la mezcla. La harina modificada se obtuvo en un molino planetario de bolas Retsch PM100 con accesorios de óxido de zirconio (20 min, 550 rpm). Los fideos se elaboraron por laminación en una máquina Shule, cortándose tiras de 2 cm × 5 cm × 0,165 cm. Los fideos cocidos se traccionaron uniaxialmente en un texturómetro Instron, registrándose el módulo de Young (MY, kPa), el esfuerzo ( $\sigma_r$ , kPa) y la deformación ( $\epsilon_r$ , %) en el punto de rotura. También fueron determinados el residuo de cocción (RC, %) y la absorción de agua (AA, %). Se encontraron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) de todos los ingredientes funcionales sobre los atributos estudiados. Se ajustaron satisfactoriamente ( $R^2 = 0,96$ ) el MY y el  $\sigma_r$  mediante un modelo cúbico especial y la  $\epsilon_r$  mediante una ecuación cuadrática, siendo significativos los efectos de interacción entre los sustitutos del gluten. Se detectó un efecto sinérgico al combinar las gommas, observándose valores máximos del  $\sigma_r$  (33 kPa, GG/GX: 0,54) y del MY (437 kPa, GG/GX: 2,36) para la menor concentración de AMG. En contraste, la mayor deformación de la pasta (20%), se obtuvo en ausencia de gommas para la máxima concentración de AMG. Además se registró una reducción importante del RC (55%) al aumentar la concentración de GG, y la AA disminuyó un 28% con el incremento del AMG. Los resultados permiten concluir, que es posible reducir el uso de gommas, mediante su reemplazo parcial por almidón de maíz gelatinizado, sin detrimento de la calidad de las pastas frescas laminadas sin gluten.

## **64 RA - MOLIENDA HÚMEDA DE AMARANTO ASISTIDA MEDIANTE MOLINO PLANETARIO DE BOLAS**

**ROA ACOSTA, D.; TOLABA, M. P.**

**Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires. Argentina**  
**E-mail: [mtolaba@di.fcen.uba.ar](mailto:mtolaba@di.fcen.uba.ar)**

### **Resumen**

La molienda húmeda tradicional a escala laboratorio comprende varias etapas: maceración del grano de amaranto perlado en solución alcalina (0,25 g NaOH/100ml, 24 h), molienda en presencia de solución alcalina y separación de las fracciones de molienda (almidón, fibra y proteína) basada en la diferente densidad de las fracciones. El almidón de amaranto es un ingrediente funcional utilizado en la formulación de alimentos el cual se destaca por su carácter microgranular e hipoalergénico. En el presente trabajo se propone utilizar el molino planetario para la maceración y molienda simultánea en presencia de soluciones de álcali-tensioactivo. Se investigó el efecto de la energía de molienda (1,5-3,5 kJ/g) y de las concentraciones de NaOH (0,1-0,3%, p/v) y SDS (0,3-1,5%, p/v) sobre el tiempo de proceso, el rendimiento de la fracción amilácea (RA), la pureza y las propiedades térmicas del almidón. Los ensayos de molienda asistida se realizaron según el diseño de Box-Benhken obteniéndose valores de RA comprendidos entre 46 y 58% con un contenido proteico promedio de 0,3%. En relación al control (molienda tradicional), los tiempos de proceso fueron significativamente menores (1,4-3,8 h), la temperatura de gelatinización no presentó diferencia significativa (69,8°C) mientras que la entalpía de gelatinización se redujo hasta un 20%. Mediante el análisis de superficies de respuesta se determinó que al incrementar la concentración de álcali aumentaron RA y la pureza del almidón. Se observaron efectos cuadráticos del SDS sobre el contenido proteico y de la energía de molienda sobre RA. Para maximizar RA (52%) y simultáneamente minimizar el contenido proteico del almidón (0,18%) se requieren concentraciones máximas de álcali y SDS y un nivel de energía de 2,5kJ/g. En estas condiciones se encontró un 6% de reducción de la entalpía (11,9 J/g) respecto al control. Sin embargo, es posible obtener almidón de pureza aceptable (0,25% de proteína) y buen rendimiento (55,2%) para el mismo nivel de energía y usando concentraciones mínimas de álcali (0,1% p/v) y SDS (0,3% p/v). En conclusión la calidad del almidón de amaranto obtenido por maceración en soluciones combinadas de álcali-tensioactivo y asistida por la molienda de alto impacto ha resultado muy satisfactoria mostrando poca variación en las propiedades térmicas en comparación al control alcalino mientras que el valor de proteína refleja el poder de remoción del agente tensioactivo que se potencia en combinación con el álcali.

Palabras clave: almidón, maceración, molienda alcalina, tensioactivo

## **65 RA - EXTRACCION Y USO DEL JARABE DE TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.) COMO PREBIOTICO EN LECHE FERMENTADAS**

**MONTENEGRO, M. ; CARRIZO FLORES, R. ; GRZONA, L. ; COMELLI, N. ,  
PONZI, M.**

**INTEQUI-CONICET. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad  
Nacional de San Luis. Ruta Provincial N° 55. Extremo norte. Villa Mercedes (5730)  
Pcia. de San Luis. Argentina; E-mail: [rcarrizo65@gmail.com](mailto:rcarrizo65@gmail.com)**

### **Resumen**

La inulina es un carbohidrato no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. En la actualidad, a nivel industrial se extrae del tallo subterráneo del topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) y se utiliza ampliamente como ingrediente en alimentos funcionales, como prebiótico. El objetivo de este trabajo fue obtener un extracto acuoso de topinambur rico en inulina, concentrarlo a atmósfera reducida y usarlo para reconstituir leche en polvo y obtener a partir de ella *leches fermentadas* con microorganismos conocidos como probióticos y además comparar las propiedades de *leches fermentadas* adicionadas con harina de tubérculos pre cocidos.

La extracción de inulina se realizó usando 1 kg de tubérculos limpios y pelados, en una relación sólido a líquido de 1:5 a una temperatura de 90°C y por espacio de 30 min. El extracto acuoso resultante con una concentración en sólidos solubles de 4.8°Brix fue llevado a una concentración final de 60°Brix mediante evaporación a presión reducida. Para la reconstitución de la leche en polvo (entera) se usó agua destilada y una dilución del jarabe de topinambur de 5°Brix. A las dos leches reconstituidas se le sembraron inóculos de *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus defens* en concentraciones de  $1 \times 10^4$  ufc, los recipientes se dejaron en incubación a 42° C por espacio de 8 h, al finalizar la misma se refrigeraron y se sometieron a análisis. Los mismos ensayos se llevaron a cabo utilizando harina obtenida a partir de los tubérculos pelados por proceso de escaldado a 100°C y 20 min. La harina así obtenida fue probada en leche fluida entera, en una concentración final del 10% y sembrada con los mismos inóculos de *L. casei* y *L. defens* en la misma concentración ya mencionada. Los análisis realizados fueron pH, acidez titulable, recuento de colonias y medidas de viscosidad, como así también un análisis sensorial. Como conclusiones podemos decir que la inulina presente en el extracto acuoso como en la harina usada, produjeron un aumento significativo de la acidez titulable y un descenso notorio del pH como así también un aumento significativo de la viscosidad y consistencia de los yogures, observándose también un incremento apreciable del número de microorganismos comparados con experimentos donde no se usó inulina. Estos resultados concuerdan con experimentos informados en bibliografía donde se usó inulina pura.

## **66 RA - CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE PAPAS ANDINAS CULTIVADAS EN JUJUY**

**CALLIOPE, S. 1; LOBO, M.1; SAMMAN, N.1**

**<sup>1</sup>Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: soniросcal@gmail.com**

### **Resumen**

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa el cuarto lugar en producción mundial para consumo humano, después del arroz, trigo y maíz. Argentina es el primer productor en Latinoamérica; la produce en distintas regiones y épocas del año lo que permite consumirla siempre fresca. Es originaria de zonas altas de Los Andes (*Solanum andigenum*) donde se cultiva un número importante de variedades andinas que representan un recurso genético valioso. El objetivo del trabajo es contribuir a la conservación de la biodiversidad de papas andinas mediante la caracterización morfológica y nutricional de diferentes genotipos reintroducidos en el NOA. Se estudiaron 44 genotipos obtenidos del banco de germoplasma del INTA Balcarce sembrados en campos del IPAF-INTA Hornillos, Jujuy. Se utilizaron 10 descriptores fenotípicos referidos a cáscara, pulpa y tamaño del tubérculo desarrollados en el Centro Internacional de la Papa (CIP), Perú y 4 caracteres cuantitativos nutricionales. Se determinaron proteínas, humedad y cenizas por técnicas oficiales AOAC e hidratos de carbono totales por el método de la Antrona. Para la agrupación de los genotipos se utilizaron técnicas de análisis de componentes principales (ACP), análisis factorial de correspondencias simples (AFCS), clasificación jerárquica y descripción de modalidades con el valor de prueba V Test (DTM-Minería de Datos y Textos). No se observaron correlaciones entre las variables continuas de composición destacándose solo algunos datos atípicos por el contenido de proteínas en tres genotipos. El AFCS separó los genotipos en 5 clases. La CI (5 genotipos) generó diferencias altamente significativas en el color secundario de la piel y la distribución del color secundario del tubérculo; la CII (14 genotipos) generó diferencias significativas en 5 caracteres morfológicos; la CIII (5 genotipos) tuvo diferencias altamente significativas entre los caracteres de color secundario y color predominante de la piel y de la pulpa del tubérculo; la CIV (17 genotipos) tuvo diferencias altamente significativas por la forma general del tubérculo e intensidad de color de la piel y la CV (2 genotipos) tuvo diferencias altamente significativas en el contenido de hidratos de carbono. Fue posible realizar una asociación altamente significativa de los genotipos estudiados según descriptores morfológicos y nutricionales, aunque los morfológicos tuvieron mayor incidencia que los nutricionales en la clasificación y diferenciación de grupos.

## **67 RA - CALIDAD MICROBIOLOGICA DE SANDWICHES DE MIGA EN SAN RAFAEL - MENDOZA**

**MARTIN, F; ALCANTÚ, S; EVANGELISTA, S; GUAJARDO, A; DE LA SIERRA, Y; SANDOVAL, B.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – Universidad Nacional de Cuyo  
Bernardo de Irigoyen 375 – San Rafael – Mendoza (5600)  
E-mail: [fmartin@fcai.uncu.edu.ar](mailto:fmartin@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

La elaboración de los sándwich de miga implica una manipulación considerable y se consumen sin ningún tratamiento térmico posterior. Además presentan características óptimas para el desarrollo de microorganismos, ya que tienen alto contenido de nutrientes, pH y actividad de agua (aw) elevada. Debido al déficit de datos en la ciudad de San Rafael-Mendoza que reflejen las cargas microbianas que poseen estos productos y la importancia de mantener el control sanitario de esta actividad, se propone verificar la calidad microbiológica de sándwiches de miga a la venta. Las muestras son obtenidas de locales habilitados por la Dirección Bromatológica de la Municipalidad de San Rafael – Mendoza, elaboradas con pan de miga, jamón cocido o paleta, queso en barra, mayonesa o manteca. La elección de este tipo de emparedados fue no solo por contener ingredientes susceptibles de contaminación sino también por ser los de mayor venta al público debido a su menor costo. A la fecha se han analizado 45 muestras de sándwich de miga durante los meses de junio a octubre del 2014, tomadas directamente del lugar de expendio en las mismas condiciones de venta al público, rotuladas y refrigeradas ( $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) hasta su procesamiento (dentro de las 4 horas de su adquisición), elaboradas en el mismo día de la extracción según lo manifestado por los vendedores. Las muestras se homogeneizaron y se suspendieron en agua peptonada estéril al 0,1%. Se realizaron diluciones decimales efectuándose las siguientes determinaciones y obteniendo estos resultados que se referencian al criterio de aceptación solicitado por el C.A.A. en el art. 156 tris: el 56% de las muestras presenta valores excedidos en el recuento total de *Enterobacterias* (UFC/g); en la determinación de *Escherichia coli* (NMP/g) el 6% de las muestras superan el valor establecido. No se detectó presencia de *Salmonella spp* ni de *Listeria monocytogenes* en 25 g de alimento, en la totalidad de las muestras analizadas. La presencia de *Escherichia coli* y *Enterobacterias* implica un riesgo latente de llegar a mayores niveles de contaminación y a posibles infecciones e intoxicaciones masivas, si el alimento no se manipula y conserva en condiciones adecuadas.



## 68 RA - ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE LAPACHOL Y DIFERENTES COMPLEJOS LAPACHOL-METALES DE TRANSICIÓN

AUDISIO, M.C.<sup>1</sup>; FARFÁN, R.A.<sup>2</sup>; MARTEARENA, M.R.<sup>2</sup>; ESPÍNDOLA, A.<sup>2</sup>

1. Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, Facultad de Ciencias Exactas - UNSA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas Técnicas (CONICET)

2. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 (4400) Salta. Argentina.

E-mail: audisio@unsa.edu.ar

### Resumen

Lapachol (2-hidroxi-3(3-metil-2-butenil)-1,4-naftoquinona), es un pigmento que naturalmente existe en la planta de lapacho (*Tabebuia impetiginosa*) que presenta propiedades antibióticas y antitumorales. Ha sido y es estudiado ampliamente por su actividad antimicrobiana; sin embargo, dicho estudio ha sido dirigido principalmente a su efecto antiparasitario y poco se ha avanzado en su potencial antibacteriano. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de lapachol y de 5 compuestos de coordinación lapachol-metal de transición (Ni(II), Co(II), Zn(II), Mn(II) y Cd(II), frente a bacterias patógenas para el ser humano.

Para ello, se sintetizaron los diferentes complejos a partir de lapachol sólido en medio alcohólico y con una solución acuosa de acetatos de los metales divalentes. Los productos obtenidos fueron caracterizados espectroscópicamente y sus estructuras determinadas por difracción de rayos X. Se prepararon soluciones de diferentes concentraciones (25 a 1000 ppm) de cada muestra y se determinó su efecto sobre las siguientes bacterias productoras de enfermedades transmitidas por alimentos: *Salmonella entérica* serovar Enteritidis y Typhimurium, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* según la técnica de difusión en agar. Se evaluó además la concentración mínima inhibitoria (CMI).

Se observó que tanto lapachol como los complejos lapachol-metal de transición no tuvieron actividad frente a *Salmonella*, bacteria Gram (-). Sin embargo, lapachol *per se* presentó actividad antibacteriana frente a *S. aureus* (750 ppm), *B. cereus* (500 ppm) y *L. monocytogenes* 00/270 (750 ppm).

*S. aureus* presentó una CMI de 25 ppm y 50 ppm frente a los complejos lapachol-Cd y lapachol-Zn, respectivamente. Por otro lado, *L. monocytogenes* fue más sensible a la acción del complejo lapachol-Ni (100 ppm), pero también fue inhibida por los otros compuestos: 150 ppm lapachol-Zn; 250 ppm lapachol-Cd y 1000 ppm lapachol-Co. *B. cereus* también fue inhibido por los 4 complejos bioactivos y presentó los siguientes valores de CMI: 100 ppm (lapachol-Zn); 150 ppm (lapachol-Ni); 250 ppm (lapachol-Cd) y 750 ppm (lapachol-Co). Por lo tanto, tanto lapachol como los complejos lapachol-metal de transición presentaron actividad antibacteriana frente a las diferentes cepas evaluadas. La excepción la constituyó el complejo lapachol-Mn que no tuvo ningún efecto antibacteriano frente a las cepas bacterianas estudiadas y según la técnica de detección de la actividad biológica utilizada.

## **69 RA - EVALUACIÓN DE DISTINTOS AZÚCARES PARA LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS DE *Enterococcus faecium* SM21, CON ACTIVIDAD Anti-*Listeria***

**SORIA, M.C; AUDISIO, MC.**

**Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, Facultad de Ciencias Exactas - UNSA)**

**Consejo Nacional de Investigaciones Científico Técnicas (CONICET)**

**Avenida Bolivia 5150 - (4400) Salta (Argentina). Argentina**

**E-mail: audisio@unsa.edu.ar**

### **Resumen**

La producción de bacteriocinas por una bacteria determinada puede estar influida por las condiciones de cultivo como composición del medio, pH o temperatura. La cepa *Enterococcus faecium* SM21 es portadora de los genes para la producción de las enterocinas A, B y P. Sus metabolitos presentan actividad antimicrobiana *in vitro* sobre cepas de *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*, bacterias que generan enfermedades transmitidas por alimentos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de carbono sobre el crecimiento de *E. faecium* SM21 y su producción de metabolitos con actividad anti-*Listeria*. Se preparó un medio de cultivo base (peptona (10 g/L), cloruro de sodio (5 g/L) y fosfato disódico (2,5 g/L)) y se evaluaron diferentes fuentes de carbono: glucosa (caldo G), lactosa (caldo L) o galactosa (caldo Gal), en diferentes concentraciones: 20 g/L, 10 g/L y 2 g/L. Los medios de cultivo se esterilizaron por filtración (0,22 µm), se fraccionaron en 5 mL y se sembraron 5 tubos de caldo G, L o Gal, con un cultivo activo de *E. faecium* SM21. Luego fueron incubados 16 h a 37°C. Se realizó el recuento de UFC/mL y se obtuvo el sobrenadante libre de células (SLC) por centrifugación. El título de los SLC, expresado como UA/mL, se determinó por la técnica de difusión en agar frente a *L. monocytogenes* 01/155, previo ajuste a pH 6. El análisis estadístico entre los tratamientos, se realizó mediante ANOVA y posterior test de Tukey.

El crecimiento de la cepa fue similar en los todos los caldos ensayados, con valores entre 8,38 y 9,01 unidades logarítmicas, sin encontrarse diferencias significativas. En cuanto a la actividad antimicrobiana, los títulos de los SLC fueron más altos para la concentración de 20 g/L; el valor máximo fue de 5600 UA/ml para el caldo G, con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) respecto al caldo L y Gal (2280 y 1200 UA/mL, respectivamente). Por lo tanto, aunque el crecimiento de *E. faecium* SM21 es el mismo en los tres caldos ensayados, la producción de metabolitos con actividad anti-*Listeria* se encuentra afectada por la naturaleza y concentración de la fuente de carbono.

## 70 RA - ARCILLAS ANTIMICROBIANAS PARA POTENCIALES APLICACIONES EN ENVASES DE ALIMENTOS

**ALCÁNTAR S.D1; CORREA J.P2,3; MOLINA V4; EISENBERG P3,4; TORRES R.M5; FERNANDEZ A5; BLANCO M4**

**1. Instituto SABATO, Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM). San Martín, Pcia de Buenos Aires, Argentina**

**E-mail: sandro.alcantar@gmail.com**

**2. Instituto de Investigación en Ingeniería Ambiental (3iA), Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM). San Martín, Pcia de Buenos Aires, Argentina**

**3. CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Av. Rivadavia 1917 (C1033AAJ), Buenos Aires, Argentina**

**4. Unidad Técnica Tecnología de Materiales/Plásticos- Instituto Nacional de Tecnología Industrial Av. Gral Paz 5445 Dirección 1234 – B1650WAB – Pcia de Buenos Aires, Argentina**

**5. Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica, Cno. Centenario y 506, CC49 (B1897ZCA) M.B. Gonnet, Argentina**

### **Resumen**

Las infecciones causadas por alimentos se deben generalmente a la presencia de microorganismos contaminantes como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurim*, *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, entre otros. Por su parte, las arcillas montmorillonitas (MMT) pueden utilizarse como materiales que soportan agentes antimicrobianos, por su capacidad de absorción y una elevada superficie, además de carga superficial negativa, inercia química y toxicidad nula. Asimismo, estas arcillas son comunmente incorporadas como refuerzo de envases plásticos para alimentos. En este trabajo se propone el uso de MMT como soporte de  $\text{Cu}^{2+}$  para inhibir el crecimiento de *S. aureus* (como modelo de contaminante Gram positivo de alimentos) y *E. coli* (modelo de contaminante Gram negativo de alimentos), para potenciales aplicaciones en la obtención de envases con propiedades antimicrobianas. Se obtuvo una arcilla modificada con  $\text{Cu}^{2+}$  a partir del intercambio catiónico de MMT de sodio (Cloisite Na®) y se comparó su capacidad antimicrobiana con la de arcillas comerciales (Cloisite® 10A, 20A y 30B). Para preparar la muestra intercambiada con  $\text{Cu}^{2+}$  (MMT-Cu) se pesaron 10 g de Cloisite Na® y se suspendieron en 500ml de una solución de  $\text{CuSO}_4$  0,1M, manteniendo la suspensión en agitación durante toda la noche. Los productos obtenidos se lavaron repetidamente con agua destilada, separando el sólido por centrifugación. Los análisis por absorción atómica mostraron que la cantidad de catión intercambiada (107 meq de  $\text{Cu}^{2+}$ ) estuvo en el orden de la concentración informada para los agentes orgánicos antimicrobianos presentes en las muestras comerciales (125, 95 y 90 meq de agentes orgánicos intercambiados en Cloisite® 10A, 20A y 30B, respectivamente). Se observó inhibición del crecimiento de *S. aureus* ATCC 25923 cuando este microorganismo se puso en contacto con Cloisite® 10A, 30B y MMT-Cu. El crecimiento de *E. coli* ATCC 25922, en cambio, se vio inhibido solamente por el contacto con MMT-Cu. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que a través del intercambio con  $\text{Cu}^{2+}$  se puede ampliar el espectro de inhibición de Cloisite®, lo que resulta prometedor para su potencial aplicación como refuerzo en envases para alimentos.

## **71 RA - CARACTERIZACIÓN DE UN CONCENTRADO PROTEICO OBTENIDO A PARTIR DE HARINA DE *Pachyrhizus ahipa*: POTENCIALES APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

**DINI, C.1; QUIROGA, A. V.1,2; VIÑA, S. Z.1,2; GARCÍA, M. A.1**

**1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

**E-mail: [magarcia@quimica.unlp.edu.ar](mailto:magarcia@quimica.unlp.edu.ar)**

**2. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. 60 y 119- (1900) La Plata. Argentina.**

### **Resumen**

La industria alimentaria ha tenido un crecimiento vertiginoso en las últimas décadas, debido en parte a la incorporación de nuevos ingredientes con características tecnológicas y/o nutricionales diferenciales que han permitido elaborar productos con diferentes características sensoriales, ampliando las opciones para el consumidor.

Particularmente, las proteínas juegan un rol muy importante como aditivos ya que éstas pueden presentar diferentes propiedades fisicoquímicas capaces de conferir distintas características a los alimentos. *Pachyrhizus ahipa* es una leguminosa con una raíz tuberosa rica en almidón y representa una fuente de proteínas vegetales no aprovechada a gran escala. El presente trabajo propone caracterizar un concentrado proteico obtenido a partir de harina de *P. ahipa* a fin de evaluar sus potenciales aplicaciones como aditivo para la industria alimentaria. Las proteínas fueron extraídas a partir de harina desgrasada de esta raíz, precipitadas con  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , dializadas y liofilizadas. El contenido de proteínas del polvo liofilizado determinado por el método de Kjeldahl fue del 70 % en base húmeda. El extracto proteico se estudió por SDS-PAGE en condiciones reductoras y no reductoras y se determinó su estructura terciaria por espectroscopía de fluorescencia. Se estudió la estabilidad térmica por DSC y se determinó la hidrofobicidad superficial (H0) utilizando la sonda fluorescente ANS. El perfil electroforético en condiciones no reductoras mostró a esta fracción compuesta por péptidos de masa molecular aproximada de 35 kDa y 25 kDa. El tratamiento de estos péptidos con 2-mercaptoetanol liberó especies más pequeñas, indicando la presencia de puentes disulfuro. La fluorescencia intrínseca mostró residuos de triptofano poco expuestos al solvente ( $\lambda_{\text{max}}=330\text{nm}$ ). Este resultado está de acuerdo con la baja hidrofobicidad superficial encontrada para el extracto. Se esperaría que estas proteínas presenten una alta capacidad de retención de agua, en concordancia con lo observado para harinas de ahipa en trabajos anteriores. Los ensayos de DSC mostraron una estructura termolábil con una temperatura de desnaturalización baja ( $T_d=81,25\pm 0,91^\circ\text{C}$ ) comparada con proteínas vegetales de otras fuentes. Este parámetro junto con  $\Delta H$  debe tenerse en cuenta en cualquier tipo de formulación en donde las proteínas sean sometidas a variaciones de temperatura. Si bien los estudios presentados representan una caracterización preliminar de este concentrado proteico, los datos obtenidos hasta el momento indican que las proteínas extraídas de raíces de ahipa presentan características interesantes para su aprovechamiento como agentes espesantes o estabilizantes de espumas ya que por su pequeño tamaño podrían migrar a la interfase rápidamente estabilizando este tipo de sistemas.

## 72 RA - EFECTO DE UN POTENCIAL CULTIVO PROTECTOR SOBRE EL DESARROLLO DE ALTERANTES DE PRODUCTOS CÁRNICOS COCIDOS

IBÁÑEZ, R. 1; CASTRO, M.1,2, CAYRÉ, M.1

1. Universidad Nacional del Chaco Austral. Comandante Fernández 755 - (3700)

Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina.

E-mail: [mcastro@uncaus.edu.ar](mailto:mcastro@uncaus.edu.ar)

2. CONICET. Argentina.

### Resumen

Las bacterias lácticas (BL) utilizadas como cultivos protectores pueden mejorar la seguridad y la vida útil de los productos cárnicos a través del control del crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes. La cepa bacteriocinogénica *Lactobacillus sakei* 268 -aislada de un producto cárnico cocido artesanal de la provincia de Chaco- evidenció su potencialidad para mejorar la seguridad de salchichas envasadas al vacío al controlar el desarrollo de *Listeria innocua* y *Staphylococcus aureus*, durante el almacenamiento refrigerado de estos productos. A fin determinar si esta cepa podría extender la vida útil de estos alimentos, se evaluó el efecto de *L.sakei* 268 sobre el desarrollo de microorganismos alterantes. Las salchichas tipo Viena utilizadas -elaboradas artesanalmente por una industria local- se dividieron en dos lotes: (i) muestras no inoculadas como control y (ii) muestras inoculadas por inmersión en una suspensión de *L.sakei* 268 (aproximadamente  $10^7$  ufc.mL<sup>-1</sup>). Todas las muestras fueron envasadas al vacío y almacenadas a 7°C durante 30 días. Sobre muestreos tomados semanalmente, se realizaron recuentos de: BL, enterobacterias y *Brochothrix thermosphacta*. Además, se monitorearon el pH y la actividad antimicrobiana. Se utilizó la prueba t-Student para evaluar la influencia de los tratamientos sobre los recuentos microbianos. El recuento inicial de BL fue de  $1,69 \pm 0,01$  log<sub>10</sub>(ufc.g<sup>-1</sup>) en las muestras control y de  $5,66 \pm 0,06$  log<sub>10</sub>(ufc.g<sup>-1</sup>) en las muestras inoculadas, dominando la microbiota del producto en ambos casos. Los recuentos iniciales de *B.thermosphacta* en las muestras control e inoculadas no mostraron diferencias significativas al igual que el recuento inicial de enterobacterias. En todas las muestras *B.thermosphacta* se desarrolló normalmente. Sin embargo, los recuentos en las muestras inoculadas fueron significativamente menores que en las muestras control, alcanzando diferencias de hasta dos ciclos logarítmicos durante el almacenamiento. Debido a la ausencia de diferencias significativas en las variaciones de pH, este efecto podría atribuirse a la actividad de la bacteriocina producida. En las muestras control, las enterobacterias crecieron alcanzando un recuento máximo de  $4,19 \pm 0,04$  log<sub>10</sub>(ufc.g<sup>-1</sup>) a los 14 días y luego disminuyeron hasta alcanzar un valor de  $1,30 \pm 0,01$  log<sub>10</sub>(ufc.g<sup>-1</sup>) al final del período de almacenamiento. Por el contrario, en presencia de *L.sakei* 268, las enterobacterias no mostraron una variación significativa de los recuentos a largo del almacenamiento, permaneciendo constantes en  $1,09 \pm 0,13$  log<sub>10</sub>(ufc.g<sup>-1</sup>) Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que *L.sakei* 268 podría contribuir a la extensión de la vida útil de salchichas debido a su antagonismo frente a especies bacterianas asociadas a la alteración de estos productos.

## **73 RA - PERFIL SENSORIAL DE SALAMINES REGIONALES ELABORADOS CON CULTIVOS STARTERS AUTÓCTONOS**

**KOLESNIK, M.1; PALAVECINO PRPICH, N.1; CASTRO, M.1,2; GARRO, O.1,2**

**1. Universidad Nacional del Chaco Austral. Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas. Cte Fernández 755 (3700). Pcia. Roque Sáenz Peña, Chaco.**

**E-mail: [mcastro@uncaus.edu.ar](mailto:mcastro@uncaus.edu.ar)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET.**

### **Resumen**

Los productos cárnicos fermentados elaborados en la provincia del Chaco se obtienen sin la adición de cultivos iniciadores, la fermentación es espontánea y se produce por el desarrollo de la microbiota autóctona, lo que le otorga características sensoriales particulares, con muy buena aceptación por parte de los consumidores locales. Sin embargo, estos productos presentan problemas de normalización y homogeneización por lo que la adición de cultivos iniciadores específicamente seleccionados a partir de la biota autóctona, permitiría mejorar la seguridad y calidad de estos productos manteniendo sus propiedades sensoriales típicas. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el perfil sensorial de salamines regionales elaborados con cultivos starters autóctonos seleccionados de la flora indígena. Se probaron dos cultivos mixtos  $S_1$  (*Lactobacillus sakei* 487- *Staphylococcus vitulinus* C2) y  $S_2$  (*L. sakei* 442 - *S. xylosus* C8). La aplicación de los mismos se realizó en dos instancias, adicionando cada uno por separado. En cada instancia, la matriz cárnica se dividió en dos lotes, uno inoculado con el starter mixto y el otro sin inocular (control). Luego del embutido en tripa ovina natural, las muestras se mantuvieron 7 días a 22° C y 95% HR (período de fermentación) y 15 días a 15° C y 85% HR (período de maduración). Al final del período de maduración se realizó un análisis sensorial cuantitativo descriptivo con un panel entrenado de 8 evaluadores. Los atributos evaluados fueron: apariencia externa (descriptores: separación de la tripa, cementación y firmeza); color (intensidad y uniformidad); aroma (intensidad, aroma a curado y rancidez); sabor (salado, ácido y amargo) y textura (dureza y masticabilidad). Se utilizó una escala arbitraria de siete unidades de magnitud, con descriptores de anclaje adecuados en los bordes de cada escala. Los salamines inoculados con el cultivo  $S_1$  mostraron mayores puntuaciones (\* $P < 0,1$ ) para los descriptores separación de la tripa, intensidad y uniformidad del color. En tanto que los salamines inoculados con  $S_2$  mostraron menores puntuaciones para el descriptor separación de la tripa. En ambos lotes inoculados se observó una mejora en la firmeza de los salamines. En el resto de los atributos evaluados no se observaron diferencias significativas con el control, lo cual demuestra que ambos cultivos autóctonos podrían mejorar la calidad de los productos regionales conservando sus cualidades sensoriales típicas.

## **74 RA - ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO Y APLICACIÓN DE BPM EN CASAS DE COMIDA PARA UNIVERSITARIOS DE LA RIOJA**

**CALVO, G.A.; MORENO, S.M.; MALDONADO, V.M.; CEREZO, G.M; AGÜERO, E.N.; MOLINA TORRES, M.A; CUELLO, H.M.; NIETO M.J.; URQUIZA, G.V.; MURIANO GOMEZ, M.del V.; TOLEDO, I.E.; ONTIVERO S.L.**

**Instituto de tecnología agro industrial(ita)- secyt- universidad nacional de la rioja  
Parque tecnologico -unlar- beccar varela y los tilo- (5300). La rioja, argentina.-  
Email: sergiomanuelmoreno@arnet.com.ar; ita@unlar.edu.ar**

### **Resumen**

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y la forma de manipular alimentos.

El objetivo de este trabajo fue recopilar información referida al nivel de conocimiento y de aplicación de BPM en establecimientos elaboradores de comidas habilitados de la ciudad capital de La Rioja, que expenden sus productos mayormente a estudiantes universitarios. Para ello se realizó un muestreo espacial de 15 casas de comidas, distribuidas en 5 zonas (Centro, Este, Oeste, Norte y Sur) tomando 3 casas de comidas por cada una; estimándose en una población por cada zona de 400 alumnos universitarios consumidores de alimentos. En cada una de ellas se efectuaron inspecciones y se realizó un relevamiento con encuestas de tipo estructurada con preguntas abiertas y cerradas, evaluando el personal de trabajo, el estado de las instalaciones, el almacenamiento y disposición de las materias primas y el conocimiento y aplicación de BPM.

Los resultados de las encuestas indicaron que del total de casas de comida, un 42% cumple con las condiciones básicas necesarias respecto del personal de trabajo, mientras que un 58% no cumple. En cuanto al estado de las instalaciones, un 46% posee instalaciones adecuadas y un 54% no cumple con este criterio. Por otro lado, un 51% cumple con las condiciones necesarias con respecto al estado y disposición de materias primas y un 49% tiene falencias con respecto a esto. Por último, un 22% del total de casas encuestadas posee un buen conocimiento y aplicación de BPM, mientras que el 78% restante no tiene conocimiento ni aplica BPM.

Se concluyó que la mayoría de las casas de comidas relevadas no cumple con los requisitos y criterios que exige la normativa vigente de aplicación de las BPM, causada principalmente por el desconocimiento de los propietarios, la falta de capacitación del personal acerca de las mismas y la inversión necesaria para implementar las BPM.

La sensibilidad y la reacción del consumidor ante posibles riesgos sanitarios de origen alimentario obligan al diseño de estrategias en las que la valoración y la comunicación de los riesgos asociados a los alimentos son un asunto apremiante y constituyen un desafío especial para evitar efectos perjudiciales. Por ello se avanza en la formulación de las bases de un modelo educativo para cambiar hábitos o conductas en la elaboración de alimentos.

## **75 RA - ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FORMULACIONES DE OLEORRESINA DE PIMENTÓN SECADAS POR SPRAY O POR LIOFILIZACIÓN**

**FAVRE, L. C.1; PORRAS-SAAVEDRA, J.2; MAZZOBRE, M. F.2; ALAMILLA, L.2; BUERA, M. P.1**

**1. Dpto. de Industrias y Dpto. de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Int. Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria (CP 1428). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.**

**E-mail: pilar@di.fcen.uba.ar**

**2. Dpto. de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Carpio y Plan de Ayala s/n, CP 11340 DF, México.**

### **Resumen**

La oleorresina de pimentón (páprika) contiene compuestos lipofílicos, algunos de los cuales imparten color (carotenos o xantofilas), otros afectan el flavor (capsaicinoides) y muchos de ellos tienen actividad antioxidante. Sin embargo estos compuestos activos son inestables y susceptibles de sufrir oxidaciones. Principalmente se ven afectados por la luz, la temperatura, la humedad y el oxígeno. En presencia de matrices adecuadas, tanto el secado *spray* como la liofilización permiten microencapsular dichos componentes sensibles y protegerlos de los efectos provocados por factores mencionados, para que resistan las condiciones del procesamiento manteniendo sabor, aroma, valor nutritivo y apariencia. El objetivo de este trabajo fue comparar la estabilidad relativa y características físicas de sistemas de oleorresina de pimentón sometidos a secado *spray* o a liofilización en distintas matrices. La oleorresina se emulsionó con un ultraturrax (5 minutos a 11.000 rpm) en soluciones de maltodextrina y aislados proteicos de soja con y sin el agregado de goma arábiga y los sistemas homogeneizados se sometieron a secado *spray* o liofilización. Se acondicionaron luego los sistemas a humedades relativas: 11, 22, 33, 43, 52, 75 y 84% a 25°C hasta alcanzar el equilibrio. Se determinó contenido de agua gravimétricamente y humedad relativa (HR) por punto de rocío. Por medio de calorimetría diferencial de barrido se obtuvieron las temperaturas de transición vítrea ( $T_g$ ), el agua congelable, relajaciones entálpicas y para obtener las coordenadas cromáticas se empleó un fotocolorímetro o una cámara fotográfica calibrada con el mismo colorímetro en un sistema de visión computarizado. Se observaron cambios de color debidos a la transparentización de los sistemas al aumentar la HR y/o al pardeo en las muestras de HR 75 y 85%. En todos los casos los cambios marcados de color y estructura ocurrieron cuando la temperatura ambiente ( $T$ ) superó 20°C el valor de  $T_g$  ( $T - T_g > 20^\circ\text{C}$ ). Las muestras que tenían goma arábiga en su formulación mantuvieron mejor sus características cromáticas. A HR intermedias se observaron relajaciones entálpicas asociadas a la transición vítrea muy notables, que aumentaron al aumentar el contenido de agua. Las muestras secadas por secado *spray* alcanzaron valores mayores de relajaciones entálpicas. Las formulaciones con goma arábiga fueron más estables cuando se secaron por liofilización, mientras que las que no contenían goma arábiga mantuvieron mejor sus características cuando se secaron por *spray*. Estas características estuvieron inversamente proporcionales a las relajaciones entálpicas. Es posible que la goma arábiga proteja las formulaciones liofilizadas que son altamente porosas.



## **76 RA - PROPIEDADES DE JARABES CONCENTRADOS DE VINAZAS LIGERAS CON REDUCIDO CONTENIDO DE LIPIDOS**

**GUERRERO, M. P.; TOSELLI, L. A.; BONATERRA, F.R.; BRAGAGNINI, V.M.**

**Grupo de Investigación en Simulación para Ing. Qca. Facultad Regional Villa María.  
Universidad Tecnológica Nacional. Av. Universidad 450 - (X5900HLR) Villa María,  
Córdoba. Argentina  
E-mail: toseli\_l@frvm.utn.edu.ar**

### **Resumen**

La mayoría de las plantas de etanol de maíz existentes operan bajo la modalidad de molienda seca. De modo general se puede describir éste como un proceso en el que se alimenta la totalidad de componentes presentes en el maíz a la etapa de fermentación, previo tratamiento enzimático para hidrolizar el almidón. Sin embargo, una fracción no fermentable que incluye a los lípidos circula por el proceso sin sufrir mayores transformaciones, recuperándose como subproductos con valor comercial. La fracción oleosa presente puede recuperarse por diferentes métodos como separación mecánica en la corriente de vinazas ligeras y extracción con solventes en los sólidos secos.

Se proponen modelos de predicción de densidad y viscosidad de jarabes concentrados de dichas vinazas luego de recuperar parte de su contenido de aceite en un proceso que involucra etapas de retención y floculación del concentrado, calentamiento y separación final en un tricanter.

Previamente se obtuvieron cuarenta datos experimentales de viscosidad, aplicando un viscosímetro rotativo y cuarenta de densidad mediante método del picnómetro sobre muestras tomadas del proceso industrial para diferentes condiciones de operación. Se trabajó con el valor promedio de determinaciones realizadas por triplicado, abarcando temperaturas comprendidas entre 25 y 65 °C y concentración de sólidos de 20 a 30 %  $P/P$ . Los modelos son aproximantes de Padé de tipo (1,1).

Para la densidad se propone una expresión que es función de ambas variables, de forma:

$d = (a + b T)/(1 + e C)$  en donde  $d$  es la densidad en  $kg/m^3$ ,  $T$  la temperatura en °C y  $C$  la concentración expresada como fracción en peso;  $a$ ,  $b$  y  $e$  son constantes con valores de: 1020,53; -0,45821 y  $-2,433 \times 10^{-3}$ , respectivamente.

Un modelo semejante pero dependiente solo de la temperatura se presenta para la viscosidad,  $\ln \mu = (a + b T)/(1 + e T)$  en donde  $\mu$  corresponde a ésta expresada en cP y las constantes  $a$ ,  $b$  y  $e$  poseen valores de: 8,85577; 0,5036 y 0,1527, respectivamente.

Como conclusiones se indica que los modelos presentan errores absolutos promedio menores de 5% ( $Ra^2=0.97$ ) y 1% ( $Ra^2=0.997$ ), respectivamente, resultando válidos para cálculos ingenieriles. Los mismos fueron utilizados para el dimensionamiento del sistema de agitación y diseño de los equipos de termotransferencia, como parte de la asistencia técnica realizada bajo convenio con una empresa regional, cuyo departamento de ingeniería finalmente desarrolló y puso en marcha el sistema en 2013, el cual se encuentra actualmente en operación.

## **77 RA - ANALISIS DE LA DEMANDA DE ENFRIAMIENTO DE UN SISTEMA INDUSTRIAL DE FERMENTACION**

**TOSELLI, L. A.<sup>1</sup>; BELTRAN R.A.<sup>1</sup>; TOSELLI, P.A.<sup>2</sup>; STROPPIANO, M.F<sup>1</sup>.**

**1. Grupo de investigación en simulación para ing. Qca. Facultad regional villa maría. Universidad tecnológica nacional. Av. Universidad 450 - (x5900hhr) villa maría, córdoba. Argentina**

**E-mail: toselli\_l@frvm.utn.edu.ar**

**2. Dpto. De sistemas. Facultad regional villa maría. Universidad tecnológica nacional.**

### **Resumen**

Dada la importancia que posee el control de la temperatura para optimizar el accionar de las levaduras y maximizar el rendimiento de fermentación, se ha analizado el comportamiento del sistema existente en una planta de producción de bioetanol. El proceso en cuestión utiliza la modalidad de sacarificación y fermentación simultánea para mostos con alta concentración de sólidos y opera en modo batch con seis fermentadores de 450 m<sup>3</sup> de volumen total, desfasados en el tiempo, a efectos de abastecer una destilería que trabaja en operación continua.

La simulación se realizó utilizando un software de desarrollo propio, SSEF v1.0, que se implementó computacionalmente utilizando Java Development Kit 1.7, a partir de un modelo que contempla la interrelación existente entre las variables que afectan el sistema de enfriamiento y permite evaluar las demandas energéticas parciales en cada fermentador y totales de proceso. El software considera: i) disponibilidad total de agua que recircula a través del sistema de torres de enfriamiento y la variabilidad de sus parámetros operativos, ii) calor que se genera a diferentes velocidades durante el tiempo total de la fermentación (55 a 60 hs.) de acuerdo a su cinética y a las condiciones de operación de cada equipo, iii) enfriamiento del mosto por recirculación continua en intercambiadores externos y, iv) calor que cada equipo disipa y/o incorpora como carga térmica adicional a través de su superficie, de acuerdo a condiciones ambientales, por su localización física en el exterior de la planta.

El sistema fue evaluado para concentración de sólidos totales de 27 a 32 %, condiciones externas de alta exigencia (promedio de temperaturas de verano), operando sin retorno de vinazas (backstillage) y con retorno de éstas hasta un máximo del 10 %, respecto del volumen total de agua en el mosto. (Esta última condición reduce el consumo de agua de proceso pero modifica otros parámetros como el balance de sólidos totales, sin incremento del tenor de los fermentables).

Como conclusiones alcanzadas se menciona: i) con la capacidad de enfriamiento disponible no se darán condiciones de sobrecarga térmica trabajando sin retorno de backstillage, hasta un límite de 30 % de sólidos, ii) con la máxima recirculación de vinazas mencionada, el sistema puede operar hasta un límite de 32% de sólidos totales, iii) para estas condiciones es posible estimar una producción del orden de 59 m<sup>3</sup> de etanol por fermentador, si se mantienen bajo control las restantes variables de proceso.

## **78 RA - ACCIONES TENDIENTES A MEJORAR LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE QUESOS SEMIDUROS ELABORADOS A PARTIR DE LECHE DE BÚFALA.**

**REBECHI, S.<sup>1</sup>; MAINA, M.<sup>1</sup>; PALMA, S.<sup>1</sup>; MEINARDI, C.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Instituto de Lactología Industrial (UNL/CONICET) Santiago del Estero 2829 (3000)  
Santa Fe, Argentina.**

**Email: [meinardi@fiq.unl.edu.ar](mailto:meinardi@fiq.unl.edu.ar)**

### **Resumen**

La leche bufalina es la segunda más producida en el mundo (12,8 %), siendo los principales productores la India, Pakistán y China. Nuestro país se posiciona en tercer lugar en América del Sur como productor de esta leche, solo cuenta con algunos establecimientos lecheros cuya principal producción poco difundida es la elaboración de quesos artesanales. En el Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) se desarrolló una tecnología para elaborar quesos semiduros a partir de leche de búfala. Los mismos presentaron una pasta homogénea, sin ojos y textura comparable a los de leche de vaca, sin embargo el flavor de los mismos no evolucionó a lo largo de la maduración. En este sentido, se plantea en el presente trabajo mejorar el flavor utilizando como estrategia el agregado de leche de oveja a fin de que las Bacterias lácticas que no provienen del starter (NSLAB) aportadas por la misma mejoren la calidad organoléptica de los quesos. En las elaboraciones se utilizaron 50 L de leche de oveja en la tina I, 50 L de leche mezcla (75 % de búfala, 25% de oveja) en la tina II y 50 L de leche de búfala en la tina III. La materia prima (leche de búfala y leche de oveja) cruda y refrigerada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , fue provista por la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja de la UNL. En la planta del INLAIN cada tina (I, II y III) fue pasteurizada a  $65^\circ\text{C}$  durante 20 minutos y enfriada a  $35^\circ\text{C}$ . Luego a cada una se les adicionó un fermento comercial y cuajo liquido. La cuajada se cortó en trozos de 1 cm de lado y bajo agitación se calentó hasta  $45^\circ\text{C}$ . Luego se eliminó el suero, se moldeó, y los quesos de aproximadamente 600 g se salaron por inmersión en salmuera a  $12^\circ\text{C}$  durante 6 hs. El día después de la elaboración, los quesos, se maduraron a  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  y a los 7 u 8 días se envasaron al vacío.

Durante la maduración se determinó el pH, la composición global, el nitrógeno soluble a pH 4,6 (NS 4,6) y se calculó el grado de maduración (NS 4,6/ nitrógeno total). A los 45 días los quesos fueron evaluados por un panel de consumidores no entrenado.

A los 45 días de maduración, la composición global fue semejante en todos los quesos y el valor del pH varió entre 5,3 y 5,6. Notándose en este estadio de la maduración una diferencia significativa (adoptándose  $\alpha = 0,05$ ) en el grado de maduración de los quesos que fue de 9,4 en oveja, 8,1 en leche mezcla y 6,7 en búfala. El panel de consumidores no entrenados encontró que el sabor y el aroma fueron menos pronunciados en los quesos elaborados a partir de leche bufalina y que el agregado de un 25 % de leche ovina lo mejoraba.

# **79 RA - SOLID LIPID MICROPARTICLES MADE OF COCOA BUTTER AND VITAMIN E LECITHIN: CHARACTERIZATION, RHEOLOGICAL BEHAVIOUR AND APPLICATION TO YOGOURT**

**MARTÍNEZ, L<sup>1</sup>, MONTANARI, J<sup>1</sup>, PERROTTA, R<sup>1</sup>, ALONSO, S.<sup>1</sup>**

**1. LBM, GBEyB (IMBICE-CONICET), Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Roque S Peña 352 Bernal, Buenos Aires.CP (B1876BXD)**

**Email: [salonso@unq.edu.ar](mailto:salonso@unq.edu.ar)**

## **Summary**

A new composition of solid lipid microparticles (SLM) made of soy lecithin (SPC), cocoa butter (CB), vitamin E (VE) and stearic acid (SA) or calcium stearate (CaS) were characterized by dynamic light scattering, optic and SEM microscopy as possible carrier-application in food like firm and/or drinking yogurt. SLM were obtained according to Montanari et al, 2013. SLM studies were carried out: thermal-stability by optic microscopy with a thermostatic platform, time-stability with dynamic light scattering morphology by SEM, polarity by Zeta potential, and rheological behavior by shear stress and shear rate studies. The same formulations were analyzed rheologically and compared when added to firm and drinking yogurt.

Results showed stability of different time length (day 0 and day 15th), being the most stable that of stearic acid, followed by calcium-stearate and basic formulation. They all had negative  $\zeta$  potential (c.a. -60 mV). Large magnitude zeta potential values indicate that an electrostatically stabilized suspension will remain stable. SEM showed nearly spherical shape, which had a size between 1 – 10  $\mu\text{m}$ .

Data obtained for rheological behavior was fitted with Herscher-Bulkley model. Consistency (K) and flow index (n) obtained are indicative of n values below 0, meaning that behavior is pseudoplastic, for all of the formulations assayed. K diminishes with temperature increment normally, so the formulations that comply with this are those made of SPC – CB – VE – SA and SPC – CB – VE – CaS.

## **References:**

Montanari and Alonso. VIth International Conference on Polyphenols and Health. 2013. 52

Fernandez et al, 155-168, 2013. Pub.Reológicas: 1° Cong.Arg. Biorreología. 978-987-702-043-4

Muller, R. H., et al (2002) Adv Drug Deliv Rev, 54 Suppl 1, S131-55.

## **80 RA - ESTABILIZACIÓN DE GALATO DE EPIGALOCATEQUINA EXTRAÍDO DE TÉ VERDE POR ENCAPSULACIÓN EN BETA-CICLODEXTRINA**

**ISTENIC, K.<sup>1</sup>; DOS SANTOS FERREIRA, C.<sup>2</sup>; MAZZOBRE M.F.<sup>2,3</sup>; POKLAR ULRIH N.<sup>1</sup>; MIHAELA, S.<sup>1</sup>. AND BUERA M.P.<sup>2,3</sup>**

**1. Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana.**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.**

**Argentina**

**2. CONICET. Argentina.**

**E-mail: [fmazzobre@yahoo.com](mailto:fmazzobre@yahoo.com) o [crisf02@hotmail.com](mailto:crisf02@hotmail.com)**

### **Resumen**

Las ciclodextrinas (CDs) son oligosacáridos cíclicos que debido a su estructura espacial con una cavidad interna hidrofóbica y una parte externa hidrofílica, son capaces de encapsular moléculas polares y no polares. La encapsulación en CDs permite aumentar la solubilidad acuosa, proteger de la oxidación, degradación o volatilización a los ligandos. El galato de epigallocatequina (EGCG), la catequina más abundante en té verde (*Camellia sinensis*), posee acción antioxidante, antimicrobiana, cardioprotectora y anticarcinogénica. Su utilización como aditivo en alimentos se ve restringida por su inestabilidad en soluciones acuosas de pH alcalino y a elevadas temperaturas.

El objetivo de este trabajo fue encapsular EGCG en  $\beta$ -ciclodextrina (BCD) con el fin de aumentar su estabilidad tanto en solución acuosa como en estado sólido. Los complejos de inclusión se prepararon por el método de coprecipitación y liofilización. La formación de los complejos se confirmó por calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía IR (FT-IR) y microscopia electrónica de barrido (SEM). La estabilidad de la EGCG a diferentes pH y temperaturas se estudió por fotolorimetría, HPLC, DSC y evaluando la actividad antirradicalaria a través del ensayo de degradación del radical DPPH.

La EGCG se encapsuló en un 93% cuando la relación molar BCD:EGCG fue 1:3, 24 hs de agitación y pH 5,50. La capacidad antioxidante (DPPH degradado en 30 minutos) en los sistemas BCD:EGCG 1:1 y 1:3 fue 15% y 40% menor respectivamente, que en el control de EGCG sin BCD. El ligando encapsulado no degradó el DPPH y la encapsulación en solución dependió de la relación BCD:ligando.

La estabilidad térmica de la EGCG en sistemas combinados EGCG: BCD liofilizados se ensayó calentando a 50 ° C durante 24hs en vacío. En los sistemas combinados se logró liberar el ligando, pero a diferencia de la EGCG sin BCD, no se degradó.

A través de la variación de las coordenadas CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) se comprobó el efecto inhibitorio de la aparición de los productos pardos de degradación de EGCG en presencia de BCD en solución y durante el liofilizado.

El análisis de las imágenes SEM mostró que la presencia de la EGCG modifica la cristalinidad de la BCD.

En este trabajo se comprobó que la BCD puede encapsular EGCG y previene su degradación en solución o en productos sólidos.

## **81 RA - CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CERVEZA PILSEN TIPO ALE: COMPARACIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces* Y *Brettanomyces***

**GIMÉNEZ, A; CIKLIC, I.\*<sup>2</sup>; OYARCE S., CORONADO I.; TAPIA O.\*<sup>1</sup>;  
ENRIQUEZ, V.**

**\*<sup>1</sup> Cátedra de Bromatología. Departamento de Ciencias Enológicas y  
Agroalimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo  
[agimenez@fca.uncu.edu.ar](mailto:agimenez@fca.uncu.edu.ar)**

**\*<sup>2</sup> Laboratorio de Biotecnología INTA EEA Mendoza**

### **Resumen**

La cerveza Pilsen, es una cerveza de color dorado pálido, cuerpo moderado, delicado sabor y aroma a lúpulo fresco y a esteres frutales. Posee un ligero sabor a malta tostada, amargor balanceado, buena espuma y una graduación alcohólica de 5%. En la última década, los cerveceros caseros y profesionales han sido atraídos por las características que la levadura *Brettanomyces* puede aportar a través de la fermentación.

Objetivo: comparación de la cinética de fermentación de dos cepas de levaduras *Saccharomyces* ambas industriales siendo una típica cervecera y otra de industria enológica y dos *Brettanomyces* seleccionadas en el Laboratorio de Biotecnología del INTA, siendo una salvaje y otra mutante sin capacidad de sintetizar fenoles.

Metodología: Obtención del 34 l demosto primitivo a partir de 8 kg de malta Pilsen. Se utilizó agua de composición mineral conocida.

Maceración durante 90 minutos a temperatura escalar de 60°C hasta 70°C. Comprobación de final con test de Iodo, estabilización de lectura refractométrica y densimétrica.

Cocción una hora en ebullición. Lupulado de 0,75 g/l. Fermentación a 18°C, en recipientes de 2,25 litros con tapones de algodón. Se realizaron 4 tratamientos con 2 repeticiones cada uno. Tratamiento 1: dos repeticiones con inóculo de levadura cervecera Windsor en dosis de 0,25 g/l. Tratamiento 2: dos repeticiones con inóculo de la levadura vínica VL23 en dosis de 0,25 g/l. Tratamiento 3: dos repeticiones con inóculo de levadura líquida del género mutante de *Brettanomyces* (MUT) a densidad de 2,5 cél/ml de mosto. Tratamiento 4: dos repeticiones con inóculo de levadura líquida de un género de *Brettanomyces* salvaje (CH-29) a densidad de 2,5 cél/ml de mosto.

La marcha de la fermentación se controló por pérdida de peso de los fermentadores.

Resultados: datos analíticos del mosto primitivo: densidad: 1,035; ° Brix: 9; pH: 6,55;

Cinética de fermentación la energía fermentativa fue significativamente distinta entre *saccharomyces* y *brettanomyces*, siendo las primeras el doble de rápidas, culminando a los 7 días la fermentación mientras que *brettanomyces* demoró 13 días.

En relación al poder fermentativo fue mayor y similar entre las dos cepas de *saccharomyces* y la de menos poder fermentativo resultó ser *brettanomyces* salvaje.

## 82 RA - ESTUDIO DE SECADO DE LA SEMILLA DE *Amaranthus cruentus*

**BOCHETTO, A.; BALMACEDA, M.; FERNÁNDEZ, O.; ZANIOLO, S.; BOMBEN, R.; BATLLE T. y MALKA M.**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis.  
Ruta 148 Ext. Norte. (5730) Villa Mercedes, San Luis. Argentina.  
E-mail: [tmalka@fices.unsl.edu.ar](mailto:tmalka@fices.unsl.edu.ar)**

### **Resumen**

El interés por el cultivo de amaranto es debido al alto valor nutritivo de sus semillas. La semilla de amaranto es difícilmente digerible en su forma cruda, lo que motiva su sometimiento a procesos térmicos basados en la transferencia de calor y dependientes de las variables temperatura, tiempo de exposición y humedad de la semilla. El objetivo de este trabajo es analizar la variación de la velocidad de secado de la semilla de *Amaranthus cruentus* según su contenido de humedad inicial. Las determinaciones se realizaron con semillas de *A. cruentus*, variedad Candil cultivadas en la Universidad Nacional de Río IV, Córdoba, rehumectadas antes del secado de acuerdo a una combinación de tres temperaturas de 11, 35 y 50° C, y cuatro tiempos de 0.5 h, 1 h, 2 h y 4 h. Se determinó la humedad en base seca para cada muestra rehumectada por triplicado en termobalanza, a dos temperaturas de secado de 80° C y 105° C durante tres horas corroborándose los datos con la técnica tradicional AOAC 24.002. Se tomaron los datos de masa inicial y porcentaje de humedad a un tiempo igual a cero. Durante la primer hora de secado, se registraron los datos de porcentaje de humedad cada un minuto. Para determinar la velocidad de secado se graficaron los datos de humedad en base seca obtenidos por triplicado en función del tiempo, y paralelamente, la velocidad de secado expresada como  $dH/dt$  en relación a la humedad en base seca. Del análisis de las curvas se observó que la velocidad de secado aumenta con el incremento de humedad en la semilla y con la temperatura de secado. Las semillas rehumectadas a mayor temperatura presentaron curvas de secado con una etapa de velocidad constante y dos períodos decrecientes de velocidad de secado. El análisis estadístico de los primeros diez minutos de secado, mediante una regresión lineal entre el contenido de humedad en base seca y el tiempo de secado con un 99 % de nivel de confianza, confirmó la presencia de un período inicial de secado a velocidad constante, debido que se elimina el agua superficial que contiene la semilla. Se concluye que el contenido inicial de humedad del grano influye en la velocidad de secado y que el coeficiente de difusión aumentaría con la temperatura de rehumectación.

## **83 RA - BOCADITOS SALADOS, NUTRICIONALMENTE EQUILIBRADOS Y ORGANOLEPTICAMENTE ATRACTIVOS**

**BATLLE, T.; ZANIOLO S.; BALMACEDA M.; BOMBEN R.; FERNANDEZ, O.; BOCHETTO, A. y MALKA M.**

**Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales Av. 25 de Mayo N° 384 (5730) Villa Mercedes San Luis. Argentina**  
**E-mail: teresamalka@gmail.com**

### **Resumen**

Una dieta equilibrada debe proveer las calorías suficientes requeridas por el individuo para su crecimiento, mantenimiento metabólico y desarrollo de actividades. El amaranto por sus propiedades nutricionales, es considerado el “mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano” designación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de los EE UU y por la FAO, en 1979. Esta categorización se debe a la alta calidad de sus proteínas, por su perfil de aminoácidos esenciales y a sus carbohidratos asimilables, vitaminas y minerales. La textura es un indicador de la calidad sensorial de los alimentos y es afectada por parámetros tales como temperatura y actividad acuosa. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un bocadito salado, nutricionalmente equilibrado y organolépticamente atractivo, usando amaranto popeado como principal ingrediente. Para complementar la formulación también se usó: arroz inflado, flakes de maíz, salvado de trigo extruído, avena arrollada, sésamo, orégano, albahaca y cloruro de sodio, aglutinados con albúmina de huevo y gelatina reconstituidos en agua. La formulación se secó para garantizar una buena conservación, desarrollar color, aroma, textura y cohesión en los bocaditos. El secado se efectuó a 100°C a tiempos de 10,14 y 18 minutos, en una secadora con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s, sobre bandeja de malla de acero inoxidable. Se realizó el análisis nutricional de los productos para cada condición. El tiempo de secado se seleccionó sensorialmente mediante un test de ordenamiento por preferencia mediante un panel de catadores no entrenados de 35 personas, también se evaluó textura mediante el descriptor dureza. Los valores obtenidos se contrastaron instrumentalmente por medio de un Texturómetro Brookfield CT3. Se determinó actividad acuosa mediante un equipo AquaLab Serie 3TE. La formulación elegida fue la secada a 100°C durante 14 min resultando una actividad acuosa de 0,593, garantizando la preservación del producto en ausencia de mohos, levaduras y bacterias. El producto presentó buen aspecto con color pardo claro, aroma agradable característico del amaranto tostado, textura crocante y poco desgranamiento. El balance nutricional en base a 100 g de bocaditos resultó: valor energético 396 Kcal, carbohidratos totales 55,5g, proteínas 19,4g, grasas totales 10,8g, fibra bruta 5,3g, cenizas 3,5g, humedad 5,5g y calcio 246,2mg. Los resultados de textura arrojados por el panel de catadores e instrumentalmente no evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los métodos empleados. En las condiciones experimentales estudiadas se obtuvo un bocadito nutricionalmente equilibrado, verificándose que estas condiciones influyen en la textura de los mismos.



## **84 RA - EXTRACCIÓN DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE (*Illex paraguariensis*)**

**BUTIUk, A. P.1,2; MARTOS, M.A.2; HOURS, R. A.1**

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**

**2. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina.**

**e-mail: [anabutiuk@fcegyn.unam.edu.ar](mailto:anabutiuk@fcegyn.unam.edu.ar)**

### **Resumen**

El ácido clorogénico (ACG) es un químico fino utilizado en las industrias química, alimentaria y farmacéutica. Se han reportado diferentes actividades farmacológicas asociadas al ACG (anticáncer, antioxidante, antiviral, antibacterial y antifúngico). Actualmente, no hay producción local de ACG por lo que debe ser importado. Sin embargo, la yerba mate (*Illex paraguariensis*) contiene cantidades significativas de ACG pudiendo constituir una fuente novedosa para su producción industrial. Se ha reportado que el contenido de ACG varía de acuerdo a las distintas etapas del procesamiento de la yerba mate y que el mayor se encuentra en la yerba mate recién cosechada: hoja y palo verdes. Teniendo en cuenta que el “palo verde” resulta un residuo actualmente poco valorado en la industria yerbatera se lo seleccionó como fuente potencial de ACG para estudios de extracción. El objetivo del trabajo fue evaluar el método de extracción sólido-líquido más adecuado, para obtener un extracto rico en ACG, a partir de muestras de palo verde de yerba mate.

Se evaluaron diferentes factores sobre el proceso de extracción sólido-líquido: tamaño de partícula ( $\emptyset < 500 \mu\text{m}$  y entre 1,0-4,0 mm), relación sólido/líquido (1/10-1/150 g/ml), número de etapas de extracción (simple, doble y triple), tiempo (1-60 min) y temperatura de extracción (25-100°C) y pH del solvente (4,5-6,5). La cuantificación del ACG presente en los extractos se realizó mediante HPLC en fase reversa.

La relación sólido/líquido óptima fue de 1/20 g/ml, a mayor relación disminuyó la extracción de ACG debido a la saturación del extracto. A partir de esta relación se evaluó la cinética de extracción a diferentes temperaturas para ambos tamaños de partículas. La temperatura óptima de extracción fue de 60°C para ambos tamaños de partícula, mientras que el tiempo de extracción fue de 30 min para partículas entre 1,0-4,0 mm (0,42 g ACG/l), siendo casi instantánea la extracción para partículas  $< 500 \mu\text{m}$  (1,37 g ACG/l). El pH, en el rango estudiado, no tuvo influencia significativa en la extracción del ACG. En todos los casos, el ACG extraído en la primera y segunda etapas representó el 98,5% del contenido total de ACG de las tres etapas.

Se concluye que los factores que más influyen en el grado y la cinética de extracción son la temperatura, la relación sólido/líquido y el tamaño de partícula, obteniéndose un extracto rico en ACG a partir de un residuo de la yerba mate.

## **85 RA - MODELADO DE LA EXTRACCIÓN ACUOSA DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE (*Illex paraguariensis*)**

**BUTIUk, A. P.1,2; MARTOS, M.A.2; HOURS, R. A.1**

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**

**2. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina.**

**e-mail: [anabutiuk@fcegyn.unam.edu.ar](mailto:anabutiuk@fcegyn.unam.edu.ar)**

### **Resumen**

El ácido clorogénico (ACG) es un químico fino utilizado en las industrias química, alimentaria y farmacéutica. Se han reportado diferentes actividades farmacológicas asociadas al ACG (anticáncer, antioxidante, antiviral, antibacterial y antifúngico). Actualmente, no hay producción local de ACG por lo que debe ser importado. Sin embargo, se ha reportado que la yerba mate (*Illex paraguariensis*) contiene cantidades significativas de ACG y que la mayor proporción se halla en las muestras recién cosechadas: hojas y palos verdes, siendo este último un residuo actualmente poco valorado en la industria yerbatera.

La extracción es una etapa muy importante para el aislamiento y la identificación de compuestos fenólicos. A la fecha, no existen estudios publicados sobre la cinética de extracción sólido-líquido de polifenoles (menos aún para ACG) a partir de la fracción denominada “palos” de yerba mate. En este trabajo se evaluó la cinética de extracción acuosa de ACG a partir de los palos verdes de yerba mate (PV<sub>YM</sub>), su ajuste a modelos empíricos y finalmente la optimización mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM).

Se evaluó la influencia de la temperatura (30-100°C) y el tiempo de extracción (0-60 min) sobre la extracción acuosa de ACG a partir de los PV<sub>YM</sub>, utilizando una relación sólido/líquido de 1/20 g/ml y un tamaño de partícula entre 4,0-1,0 mm. La cuantificación del ACG presente en los extractos se realizó mediante HPLC en fase reversa. Se estudió la aplicabilidad de diferentes modelos matemáticos (Peleg 1988 y Pilosof *et al.* 1985) para describir la cinética del proceso de extracción sólido-líquido de ACG a partir de los PV<sub>YM</sub>. Finalmente, con los datos proporcionados por la cinética se seleccionó el rango tiempo a ser utilizado en el RSM.

Los resultados mostraron una influencia significativa de la temperatura sobre la cinética y el rendimiento de la extracción acuosa de ACG a partir de los PV<sub>YM</sub>. El mayor rendimiento de extracción de ACG se obtuvo a 90°C después de 30 min (9,64 mg ACG/mg de PV<sub>YM</sub>). El rendimiento de la extracción de ACG en los extractos de PV<sub>YM</sub> aumentó al aumentar la temperatura y el tiempo del proceso de extracción. Los modelos matemáticos aplicados mostraron una buena concordancia con los resultados experimentales ( $R^2 > 0,90$ ), lo que permite su aplicación en el modelado y la optimización del proceso de extracción sólido-líquido para la extracción de ACG a partir de PV<sub>YM</sub>.

## **86 RA - EFECTO DE LA PROTEÓLISIS SOBRE LA TEXTURA DE QUESOS DE CABRA MADURADOS.**

**BURGOS, L.<sup>1</sup>; PECE, N.<sup>2</sup>; MALDONADO, S.<sup>1</sup>**

**1. Laboratorio IDeAR – CITA. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 – (4600) Jujuy. Argentina**

**e-mail: smaldonado@fi.unju.edu.ar**

**2. ICyTA. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912 – (4200) Santiago del Estero. Argentina**

### **Resumen**

La textura de los quesos es el resultado de la organización estructural de sus principales componentes y presenta cambios durante el proceso de maduración. Este trabajo propone evaluar la relación entre la proteólisis y la textura, durante la maduración de quesos de cabra. Para ello se elaboraron quesos usando leche de cabra criolla de la Quebrada jujeña; se tomaron muestras a partir de las 5 horas de elaboración y a los 10, 20, 30, 40, 60 y 80 días de maduración. La proteólisis se estudió mediante la evolución de las fracciones mayoritarias de caseínas ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) determinadas por HPLC y de las fracciones nitrogenadas: nitrógeno soluble a pH 4,6; nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno soluble en ácido fosfotúngstico 5 %, lo que permitió calcular el índice de maduración de las fracciones nitrogenadas como porcentaje de la proteína total. Se determinó el perfil de textura, evaluando: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad, utilizando un Texturómetro QTS 25. Se encontró que las  $\alpha$ -caseínas presentan una hidrólisis acentuada a los 40 días de maduración, en cambio las  $\kappa$ -caseínas disminuyen continuamente hasta los 60 días. A partir de los 40 días, la fracción de nitrógeno soluble a pH 4,6 presenta una notable disminución. La fracción NNP aumenta continua y significativamente hasta los 80 días de maduración. La dureza, gomosidad, adhesividad y la masticabilidad aumentan conforme disminuye el contenido de humedad y el contenido de  $\kappa$ -caseínas, siendo este efecto más pronunciado entre los 30 y los 40 días, lo que podría estar relacionado a la formación del nitrógeno soluble y a la degradación de las  $\alpha$ -caseínas durante la maduración. La velocidad de proteólisis de la matriz de caseína de los quesos estudiados disminuye a partir de los 40 días de maduración, tiempo en el cual se producen las principales modificaciones en el perfil de textura.

## 87 RA - EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BACTERIAS LÁCTICAS Y LEVADURAS EN QUESOS FRESCOS DE CABRA DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA

ANCASI, E.G.<sup>1</sup>; MALDONADO, S.<sup>1</sup>; OLISZEWSKI, R.<sup>2</sup>

1. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47- (4600). San Salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina.

Email: [gustyancasi@hotmail.com](mailto:gustyancasi@hotmail.com)

2. CONICET - Fac. Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. (4000). Tucumán. Argentina.

### Resumen

Los quesos frescos de cabra artesanales de la Quebrada de Humahuaca son elaborados con leche cruda, y poseen flavor y textura característicos de la región. Sin embargo su calidad bromatológica es variable razón por la cual es necesario realizar modificaciones tecnológicas al proceso actual. Los objetivos de este estudio fueron identificar y caracterizar bacterias lácticas (BAL) y levaduras nativas, aisladas de los quesos seleccionados. De un total de 36 muestras sembradas en agar Sabouraud, agar MRS y M17, se obtuvieron 128 levaduras y 39 lactobacilos, los que fueron identificados fenotípicamente. Se evaluaron: pH a la coagulación, tasa de acidificación, proteólisis en agar leche, lipólisis en agar triacetina, producción de acetoina en leche reconstituida y asimilación del citrato en agar citrato. Se identificaron *Lb. bulgaricus*, *Lb. subsp casei*, *pseudopplantarum*, *Lb. var plantarum arabinosus*, *Lb. subsp casei rhamnosus*, *Lb. acidophilus*, *Lactococos sp.* y *Enterococcus sp.* El 41,6% de los aislamientos coagularon la leche en 10 h y 33% en 5 h. *Lb. helveticus* coaguló la leche a pH de 5,40 en 5 h, hasta alcanzar un valor final de 4,16 en 24 h, mientras que *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Lb. fermentum* iniciaron la coagulación en 5 h, con valores de pH iniciales de 4,81 y 4,92 hasta valores finales de 4,19 y 4,21, respectivamente. *L. helveticus*, *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lb. plantarum*, *Lb. fermentum*, *Lb. casei subsp. rhamnsosus*, *Lb. casei subsp. pseudopplantarum*, *Lb. brevis var. brevis*, en orden descendente, demostraron tener capacidad acidificante. *Lb. fermentum* y *Lb. casei supesp. pseudopplantarum* desarrollaron actividad proteolítica y sólo *Lb. var plantarum* demostró tener actividad lipolítica. Las levaduras aisladas fueron *Debaryomyces hansenii*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Kluyveromyces lactis*, *Wickerbamiela domerquiae*, *Dekkera bruxellensis*, *Candida valdiviana*, *Candida novakii*, *Dekkera bruxellensis*, *Candida versatilis*, *Candida magnoliae*, *Candida albicans*, *Pichia anomala*, *Dekkera anómala* y *Rodotorula spp.* Cepas de *D. hansenii*, *C. magnoliae*, *Z. rouxii*, *C. versatilis* y *K. lactis* tuvieron actividad proteolítica y lipolítica, y una cepa de *W. domerquiae* tuvo solamente actividad proteolítica. Algunas cepas de *K. lactis* produjeron acetoina y *D. bruxellensis* y *C. versatilis* metabolizaron el citrato, hidrolizaron la caseína y tuvieron actividad lipolítica. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la composición de las poblaciones de BAL y levadura en quesos artesanales es específica de la región.

Los conocimientos adquiridos en este estudio podrían ser utilizados para la obtención de cultivos iniciadores específicos de la región, destinados a la producción de quesos frescos con origen geográfico.

## **88 RA - MODIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN GALLETITAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE MIEL**

**MONTENEGRO, S.<sup>1</sup>; ROMERO, C.<sup>1</sup>; OSUNA, M.<sup>1</sup>; NUÑEZ, L.<sup>1</sup>; KIVATINITZ S.<sup>2</sup>**

**1. Departamento de Ciencia Básicas y Aplicadas, Laboratorio de Industrias Alimentarias I. Universidad Nacional del Chaco Austral. Comandante Fernández 755 - (3700) Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina**

**E-mail: smonte@uncaus.edu.ar**

**2. Dto. Química Biológica-Fac. Ciencias Químicas-UNC, Córdoba, 5000.**

### **Resumen**

La miel podría ser un ingrediente potencialmente útil como mejorador de masa. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agregado de diferentes porcentajes de miel sobre las características de sabor, color y textura de las galletitas dulces. A tal efecto, se realizó un análisis sensorial comparativo, evaluando los parámetros: color, sabor y textura. Para la elaboración de las galletitas, se trabajó con una fórmula estándar, variando los porcentajes de azúcar por miel. Los parámetros de cocción fueron 150°C durante 15 minutos en horno eléctrico. Se realizaron tres sustituciones, 10%; 15 % y 25% sobre la fórmula estándar. Un blanco con 100 % de azúcar, un nulo con 0 % azúcar y 0 % miel y un 100 % miel. La muestra de miel utilizada corresponde a la región apícola 5 de la provincia del Chaco, localidad de Juan Jose Castelli.

Se detectó variaciones en el color en las sustituciones con mayores porcentajes de miel, como así también cambios en el aspecto de la estructura interna. En ninguna de las sustituciones se verificó un mejoramiento en textura pero un aumento en estabilidad a temperatura ambiente. Se concluye que la sustitución de altos porcentajes (25% y 100%) de miel por azúcar en la formulación de galletas dulces, provoca variación en la coloración y textura de la misma. En el sabor manifiesta mayor intensidad las sustituciones mayores, combinado esto con el aroma característico de la miel de abejas.

**89 RA - EVALUACIÓN DEL PERFIL OCRATOXIGÉNICO DE ESPECIES DE *Aspergillus* SECCIÓN *nigri* EN UVAS PARA VINIFICACIÓN DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN, PATAGONIA ARGENTINA.**

**MOYA, M.<sup>1</sup>; TOSCANA, M.<sup>1</sup>; PARDO, A.<sup>2,3</sup>; POSE, G.<sup>1,3</sup>**

**1. Escuela de Producción Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Río Negro. Villa Regina, Río Negro. Argentina.**

**E-mail: [mlmoya@unrn.edu.ar](mailto:mlmoya@unrn.edu.ar)**

**2. Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes. Bernal, Bs. As. Argentina.**

**3. CONICET, Bs. As. Argentina**

**Introducción:** la ocratoxina A (OTA) es una micotoxina producida principalmente por los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. Los *Aspergillus* de la sección *Nigri* son productores de esta toxina y se ha reportado su presencia en uvas en distintas partes del mundo. Considerando el potencial riesgo que implica esta toxina, es importante su control para asegurar productos alimenticios inocuos. Normas internacionales establecen niveles máximos de OTA en vinos de 2 µg/kg. La elaboración de vinos de calidad ha tomado impulso en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén durante estos últimos años.

**Objetivo:** en estudios previos se ha determinado la micoflora superficial de uvas de la región, aislado e identificado un total de 190 aislamientos de *Aspergillus* sección *Nigri* encontrando que un 84% perteneció al agregado *A. niger* y el 16% a la especie *A. japonicus*. El objetivo del presente trabajo fue determinar la capacidad toxicogénica para la producción de OTA de las especies de *Aspergillus* sección *Nigri* previamente determinadas.

**Metodología:** un total de 100 aislamientos fueron estudiados. Para la producción de toxina los cultivos fueron crecidos en agar Czapek extracto de levadura (CYA) durante 7 días a 25°C. Tres plugs de agar fueron extraídos con 1 ml de metanol. La determinación se realizó por HPLC con detector por fluorescencia ( $\lambda_{exc}$ = 330 nm y  $\lambda_{em}$ = 460 nm). La fase móvil fue acetonitrilo- agua-ácido acético (99:99:2) con flujo isocrático (1 ml/min).

**Resultados:** Los aislamientos identificados como *Aspergillus japonicus* no produjeron la toxina, mientras que *Aspergillus* del agregado *Niger* sí lo hicieron, aunque en baja proporción (3%). El rango de producción de la toxina fue de 112,1-233,3 ng/g (153,2 ng/g).

**Conclusiones:** coincidente con otros estudios los resultados indican una baja proporción de aislamientos ocratoxigénicos, como también, relativamente bajos niveles de producción comparado con lo reportado en otros lugares del mundo (hasta 1000 ng/g), lo que podría indicar una baja probabilidad de la presencia de OTA en vinos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. De todas maneras, la capacidad toxicogénica determinada *in vitro* podría ser subestimada. La producción de toxinas suele ser una propiedad característica del aislamiento, aunque en algunos casos transitoria e incluso perderse a causa de su manejo en el laboratorio. A fin de confirmar nuestras conclusiones se realizará un estudio de ocurrencia natural de OTA en vinos de la zona.

## 90 RA - EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ LÁCTEA EN LA ELABORACIÓN DE YOGUR

VÉNICA, C. I.; SUAREZ, V.; BERGAMINI, C. V.; PEROTTI, M. C.

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN-UNL/CONICET), Santiago del Estero  
2829, S3000AOM Santa Fe. Argentina  
E-mail: clauvenica@fiq.unl.edu.ar

### Resumen

La composición de la matriz láctea en un proceso fermentativo es un aspecto importante para que el mismo se lleve a cabo adecuadamente. La lactosa presente en la leche (4,8 g/100 g) es el principal sustrato utilizado como fuente de carbono por las bacterias lácticas. La reducción de su contenido en la leche de partida en vistas a obtener productos deslactosados destinados a personas con imposibilidad para absorber este azúcar correctamente, resulta ser una alternativa. Sin embargo, la fermentación puede sufrir modificaciones y afectar las características del producto final.

En el presente trabajo se estudió el efecto de la composición de la leche en cuanto a contenido de lactosa (4,8 y 0,9 g/100 g) y de sacarosa (0 y 8 g/100 g) en el proceso fermentativo y durante el almacenamiento refrigerado de los yogures. Se realizaron recuentos microbiológicos, análisis de carbohidratos, pH, acidez titulable (AT) y composición global.

Los resultados indicaron que los yogures elaborados con leche deslactosada tuvieron un retardo en la fermentación de hasta 30 min en alcanzar el pH final (4,7), en comparación a los yogures controles preparados a partir de leche con contenido normal de lactosa; la sacarosa no afectó dicho proceso. La postacidificación de los yogures deslactosados fue ligeramente menor a los controles (73 vs 81 °D) y la sacarosa produjo una disminución de estos valores (69 vs 74 °D, respectivamente). Los recuentos de *S. thermophilus* permanecieron constantes durante el período de refrigeración ( $10^9$  UFC/g), mientras que los valores de *L. bulgaricus* disminuyeron ligeramente (desde  $6.6 \times 10^2$  UFC/g en los productos recién elaborados hasta  $2.5 \times 10^2$  UFC/g a los 28 días). La concentración de lactosa en los yogures deslactosados a los 21 días resultó inferior a 0,5 g/100 g frente a 4 g/100 g en los yogures controles. Los contenidos de glucosa y galactosa fueron similares, siendo de 1,7 g/100 g en los productos deslactosados y 0,6 g/100 g en los controles. La composición química (sólidos totales, proteína, grasa y cenizas) resultó similar en ambos tipos de yogures; solo se encontró un incremento en los sólidos totales debido a la incorporación de sacarosa.

Los resultados alcanzados fueron satisfactorios ya que se logró obtener yogures reducidos en lactosa y de características adecuadas destinados a las personas intolerantes a la lactosa. No hay disponibilidad de estos productos en el mercado nacional.

**Palabras claves:** fermentación láctica, yogur deslactosado, parámetros fisicoquímicos y microbiología

# **91 RA - EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DURANTE ALMACENAMIENTO CONGELADO DE QUESO BLANCO FUNCIONAL ELABORADO CON LECHE DE OVEJA**

**DELLO STAFFOLO, M.<sup>1,3</sup>TOMAS, M.C<sup>2</sup>;LUPANO, C.E.<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>**CONICET-CCT La Plata, CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en  
Criotecnología de Alimentos), Fac. Ciencias Exactas, UNLP, La Plata, Argentina. E-  
mail: marinadellostaffolo@gmail.com**

<sup>2</sup>**Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) Calle  
526 entre 10 y 11, La Plata, Argentina.**

<sup>3</sup>**Fac. de Ingeniería, UNLP, La Plata, Argentina**

## **Resumen**

La tendencia de los consumidores a relacionar alimentación con salud, lleva a la industria a elaborar alimentos funcionales, que contienen algún componente beneficioso para la salud. El queso es un excelente producto base para desarrollar un alimento funcional ya que es muy valorado por los consumidores. El objetivo del trabajo fue el estudio en almacenamiento congelado (-20°C) de queso blanco elaborado con leche de oveja, sin sal agregada, adicionado con fibra dietaria de distintos orígenes. Se evaluaron durante 3 meses las formulaciones: queso sin fibra (QSF), queso con fibra de inulina (QFI), queso con fibra de bambú (QFB) y queso con fibra de trigo (QFT). Durante el almacenamiento se estudiaron: pH, liberación de suero, textura mediante el ensayo de penetración para determinar adhesividad y dureza de los quesos, y oxidación lipídica por cuantificación espectrofotométrica de peróxidos y de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBA) utilizando envases con baja y alta permeabilidad al oxígeno. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el pH entre los quesos con y sin fibra, pero sí con respecto al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ ). El pH varió entre 4,47 ( $t=0$ ) y 4,92 ( $t=90$  días), observándose un mínimo a  $t=45$  días. La liberación de suero fue máxima a  $t=45$  días y hubo diferencias significativas entre los quesos con y sin fibras, presentando QSF los valores más altos. La dureza mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los quesos con y sin fibras, siendo los QFT de mayor dureza. También se observaron diferencias significativas en la dureza y la adhesividad con el tiempo de almacenamiento. Los productos de oxidación lipídica no mostraron diferencias significativas entre las distintas formulaciones de quesos pero sí durante el tiempo de almacenamiento. Los peróxidos aumentaron y las sustancias reactivas al TBA disminuyeron durante el almacenamiento. También hubo diferencias significativas con respecto al envase utilizado. Se observó un aumento de la oxidación a  $t=1$  día utilizando los envases de alta permeabilidad al oxígeno. Se pudo concluir que el agregado de fibra disminuyó la liberación de exudado y no provocó cambios de pH durante el almacenamiento congelado que, a su vez, preservó la aparición de rancidez oxidativa de las formulaciones de quesos estudiadas.



## **92 RA - OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE UN POLVO PARA LA PREPARACIÓN DE UN POSTRE HELADO DIETÉTICO**

**DUMAS, F. <sup>1</sup>; ANDRICH, O.; <sup>1</sup> CUFFIA, F. <sup>2</sup>**

**Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA), Fac. Ing. Qca, UNL.**

**Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), Fac. Ing. Qca, UNL - CONICET.**

**Santiago del Estero 2829, 3000, Santa Fe, Argentina. E-mail: [fcuffia@unl.edu.ar](mailto:fcuffia@unl.edu.ar)**

### **Resumen**

El helado es un producto muy complejo que constituye un sistema alimentario compuesto por cuatro fases (emulsión, gel, suspensión y espuma). En la actualidad su mercado es muy dinámico y es objeto de una constante demanda de nuevos y originales productos.

El objetivo del presente trabajo fue optimizar la formulación base de un polvo para preparar helado dietético en sus aspectos tecnológicos, nutricionales y organolépticos, considerando que debían ser aptos para consumidores obesos, diabéticos y celíacos.

Para esto se implementó un diseño experimental de tipo central compuesto ( $k > 5$ ) utilizando el programa Desing-Expert en donde se fijaron 4 variables (concentración de inulina como fibra prebiótica entre un 1% y un 3%, polidextrosa como sustituto graso entre un 4% y un 8%, agente de batido entre un 3% y 5%, y contenido lipídico entre 1% y 10%) y se evaluaron 4 respuestas (volumen de porción, medida en mililitros utilizando un vaso de precipitado calibrado para tal fin; velocidad de fusión, evaluada como la cantidad de segundos transcurridos hasta la aparición de la primer gota; características sensoriales, evaluadas por un panel entrenado a partir de una escala estructurada; y aporte nutricional, calculado como Kcal/formulación). Esto arrojó un número total de 30 experiencias y las interacciones entre variables fueron evaluadas a través de un sistema de superficies de respuestas. El proceso de preparación de las muestras consistió en pesar los ingredientes en polvo, reconstituir con 60 ml. leche, batir durante 5 minutos y llevar a freezer 1 hora. Luego volver a batir durante tres minutos y congelar por un período de 2 horas más antes de ser consumido.

Los resultados obtenidos muestran que el volumen de la porción disminuye al aumentar el contenido de crema y aumenta con el incremento de inulina, polidextrosa y agente de batido. Por otro lado, la velocidad de fusión es directamente afectada por la concentración de inulina y la de agente de batido, mientras que, en menor medida, la concentración de crema la afecta de manera inversa. Para las principales características sensoriales (cremosidad, presencia de cristales y sensación al paladar) la única variable que influye significativamente es la polidextrosa. En cuanto al aporte nutricional, la mayor incidencia se observa sobre la concentración de agente de batido seguida de la concentración de crema, y en menor medida, sobre la concentración de polidextrosa e inulina.

Como conclusión, la formulación que mostro mejor performance fue la fórmula base preparada al 1% de crema y adicionada con 4% de agente de batido, 1% de inulina y 8% de polidextrosa. La misma arrojó los mejores puntajes en cuanto a cremosidad, ausencia de cristales y aspecto y sensación al paladar, disminuyendo el contenido calórico respecto al polvo original y cumpliendo con las condiciones fijadas: ser apta para consumidores obesos, diabéticos y celíacos.

## 93 RA - COMPARACION ENTRE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO (*Prosopis sp.*) DEL NORTE ARGENTINO

SCIAMMARO, L. P.<sup>1</sup>; FERRERO, C.<sup>1</sup>; PUPPO, M. C.<sup>1,2</sup>

**1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina**

**E-mail: [sciammaro@gmail.com](mailto:sciammaro@gmail.com)**

**2. LIPA (Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata). 60 y 118 – (1900) La Plata. Argentina**

### Resumen

Se conoce como algarrobo a un grupo de 44 especies de plantas alrededor del mundo de las cuales 24 son endémicas del territorio argentino. El algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y el algarrobo negro (*Prosopis nigra*) son dos de las especies de mayor importancia para los habitantes del Noroeste argentino. El conocimiento de la composición química y nutricional del fruto del algarrobo y de las harinas derivadas del mismo contribuye al agregado de valor de los diferentes productos alimenticios elaborados con harina de algarrobo. Para obtener las harinas se secaron las vainas en estufa de convección durante 4hs a 80°C, luego se utilizó un molino domestico para molerlas y se las paso a través de un tamiz de 1000 µm; a las fracciones se les determinó: humedad (AOAC 925.45), proteínas utilizando como factor 6,25 (AOAC 920.142), lípidos (AOAC 963.15), fibra total (AOAC 991.43), ceniza (AOAC 923.03), minerales por espectrofotometría de absorción atómica (Na, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn), azúcares mediante HPLC con columna amino y detector de índice de refracción, polifenoles utilizando la técnica de Folin Ciocalteu (g ácido gálico/100g de harina b.s.) y capacidad antioxidante por método ABTS (□moles Trolox equivalente/100 g de harina b.s.). Se utilizaron duplicados de muestra y todos los resultados se expresaron en base seca. Los resultados se analizaron mediante análisis de la varianza y los valores medios se compararon con el test de Fisher ( $p < 0,05$ ).

Los resultados obtenidos demostraron que no se encontraron diferencias significativas entre harinas en el porcentaje de proteínas de un 7,8%; ceniza 3,2%; Na 700 ppm; Zn 18 ppm; sacarosa 53%; fructosa 2,5%, siendo estos valores promedios de las dos harinas. Sin embargo se encontraron diferencias significativas entre *P. alba* y *P. nigra* para lípidos 0,68% y 6,59%; fibra total 20% y 23%; K 9030 y 10600 ppm; Ca 1860 ppm y 1610 ppm; Mg 560 ppm y 690 ppm; Fe 49 ppm y 26 ppm, Mn 4,7 ppm y 7,7 ppm; polifenoles 0,621% y 1,081%, respectivamente. La capacidad antioxidante también resultó significativamente diferente: 5450 y 9350 µmol/100g para *P. alba* y *P. nigra*, respectivamente.

Se puede concluir en base a los resultados que las composiciones de las harinas son diferentes estadísticamente aunque guardan una relación en cuanto a la composición. Sin embargo, no se puede concluir fehacientemente que una harina destaca sobre la otra, ambas harinas se obtienen a partir de vainas que actualmente se encuentran sub-utilizadas, son fáciles de obtener, permitiendo contar con un nuevo ingrediente para alimentos, especialmente productos horneados.

## **94 RA - CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS EN SEMILLAS DE *Bixa orellana* L.**

**SEPÚLVEDA, C.<sup>1</sup>; CIRO, G.<sup>1</sup>; ZAPATA, J.<sup>2</sup>**

**1.Programa de Ofidismo/Escorpionismo, Universidad de Antioquia AA 1226, Sede de Investigación Universitaria (SIU) Carrera 53 # 61-30 Medellín, Colombia.**

**E-mail: tatiana1827@gmail.com**

**2.Grupo de investigación Nutrición y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53 – 108 Medellín, Colombia.**

### **Resumen**

También conocida como achiote, la *Bixa orellana* L. es planta con un alto contenido de compuestos fitoquímicos, tales como, saponinas, alcaloides, flavonoides, etc, a los cuales se les atribuyen propiedades fisiológicas como: actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, antialérgica, antiviral, anticancerígena, antioxidante, entre otras. La estabilidad térmica de dichos compuestos es un aspecto fundamental a la hora de pensar en aplicar las propiedades funcionales que ellos poseen, en productos de interés comercial. Sin embargo, son escasos los trabajos orientados en este sentido. El objetivo de este trabajo fue establecer la cinética de degradación térmica de los compuestos fenólicos del extracto de semillas de *Bixa orellana* L., a través de un diseño factorial en el que se consideraron los factores: pH (5.5 y 8), temperatura (70°C, 80°C y 90°C) y contenido de sólidos (8, 14 y 20°Brix), para los cuales se determinó el contenido de fenoles totales durante 9 horas y se empleó como variable respuesta la constante de velocidad de reacción k. A partir del análisis de varianza se observó que la temperatura y el contenido de sólidos, ejercen efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la degradación de los compuestos fenólicos. Además, ambas variables presentan significancia estadística en su término cuadrático. También se encontró que el pH no tiene efecto estadísticamente significativos ( $p > 0.05$ ) sobre dicho fenómeno. Las tasas de degradación de los compuestos fenólicos se aumentaron con el incremento de la temperatura, por su parte, el nivel de contenido de sólidos que mayor favorece la velocidad de degradación fue 14°Brix.

## 95 RA - ANÁLISIS DE LA ENVOLTURA CELULAR DE *Lactobacillus johnsonii* CRL1647 POR MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA

NOVICOV FANCIOTTI, M.<sup>1</sup>; VEIGA, L.<sup>2</sup>; YBARRA, G.<sup>2</sup>; AUDISIO, M. C.<sup>1</sup>

**1. Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, UNSA). Consejo Nacional de Investigaciones Científico Técnicas (CONICET). Av. Bolivia 5150 (4400) Salta. Argentina. E-mail. audisio@unsa.edu.ar**

**2. Nanomateriales – Procesos Superficiales. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Avenida Gral Paz 5445 (B1650KNA) San Martín. Argentina.**

### Resumen

*Lactobacillus johnsonii* CRL1647, bacteria con efecto beneficioso sobre colonias de abejas melíferas, se adhiere a las paredes del tubo de vidrio en que se cultiva y hemaglutina. Como las propiedades de superficie pueden estar involucradas en el efecto positivo observado, se decidió estudiar su envoltura celular por microscopía de fuerza atómica (AFM).

Para ello, las células de un cultivo activo fueron cosechadas por centrifugación y separadas en alícuotas para recibir los siguientes tratamientos por 1 h a 37°C: LiCl 5M, periodato de sodio 100 mM y proteinasa K 1 mg/mL; los dos últimos modifican la propiedad hemaglutinante de esta cepa. Posteriormente, fueron recuperadas por una centrifugación y analizadas con un microscopio de fuerza atómica. Todas las mediciones se realizaron con una resolución de 512×512 píxeles, a velocidad de barrido de 1 línea/segundo, analizando cuadrados de 500 nm de lado. Se utilizó una punta de silicio Ultra Sharp con radio de curvatura menor a 2 nm. Los cambios superficiales se estudiaron utilizando dos modos de adquisición de imágenes: topografía y fase.

Las imágenes topográficas muestran que las células de *L. johnsonii* control presentaron una superficie relativamente lisa. Las imágenes en modo fase revelan una fractura (evidenciada por un cambio abrupto en el valor de la fase) que recorre longitudinalmente la superficie bacteriana. Dicha fractura se mantiene en las células tratadas con LiCl pero desaparece luego del tratamiento con periodato de sodio. Para este último se observa además, estructuras circulares ausentes en las células sin tratar. El efecto de la proteinasa K produjo tal deformación superficial que impidió obtener información relevante.

Estas observaciones concuerdan con las pruebas de hemaglutinación, donde los tratamientos con periodato de sodio o con proteinasa K alteran la capacidad aglutinante de esta cepa mientras que el LiCl no produce efecto alguno.

Por otro lado, las rugosidades aumentan en cada tratamiento respecto del control. Para el control se obtuvieron valores de rugosidad con media de alrededor de 3 nm, en tanto que las muestras tratadas alcanzaron valores entre 2 y 4 veces mayores.

Los estudios con AFM revelan que la envoltura bacteriana sí se vio afectada con dos de los tratamientos realizados. Estos generaron deformaciones en la envoltura celular que se traducen en la formación de estructuras superficiales pronunciadas que no se observan en las células control y que pueden afectar las propiedades superficiales de esta bacteria.

## 96 RA - USO DE QUITOSANO PARA LA INMOVILIZACIÓN DE PROTEASAS

DIMA, J.B<sup>1,2</sup>; SEQUEIROS, C.<sup>2</sup>; ZARITZKY, N<sup>1,3</sup>

1-Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA - CONICET- UNLP).

2-Centro Nacional Patagónico (CONICET-CENPAT).

3-Depto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería (UNLP). E-mail: zaritkynoemi@gmail.com

### Resumen

Los procesos catalizados por enzimas en la industria son cada día más numerosos, ya que presentan una serie de ventajas frente a los catalizadores convencionales no biológicos. Sin embargo, su empleo no se ha generalizado debido a que la mayoría de las enzimas no son estables en las condiciones de trabajo utilizadas. La inmovilización de enzimas en soportes sólidos puede incrementar dicha estabilidad en las condiciones de trabajo (pH, temperatura) permitiendo además, que las enzimas puedan ser reutilizadas. De la variedad de materiales estudiados para inmovilizar enzimas se destaca el quitosano, ya que brinda propiedades físicas y químicas de interacción enzima-soporte para llevar a cabo reacciones biológicas con alto grado de eficiencia, mayor estabilidad térmica y operacional y bajo costo. Además, estos biopolímeros son abundantes, biodegradables y no tóxicos. En Puerto Madryn (Chubut), la industria procesadora de langostinos genera residuos sólidos (exoesqueletos) causando un problema ambiental. De estos residuos ricos en quitina se obtiene el quitosano. Se extrajo quitosano de residuos de crustáceos patagónicos y se utilizó como soporte en la inmovilización de la enzima Philibertia g, proteasa perteneciente a un extracto crudo aislado de la planta patagónica *Philibertia gilliessi*. Para la obtención de quitosano, la quitina previamente purificada, fue desacetilada con NaOH al 50%. El grado de desacetilación fue de 90,2% (técnica potenciométrica) y el peso molecular viscosimétrico resultó de  $2 \times 10^5$  Da. La inmovilización de la enzima se realizó por dos técnicas: i) unión covalente (UCov), donde se utilizó glutaraldehído como activante del grupo amino del quitosano; ii) entrapamiento (Entr), en geles de quitosano obtenidos por gelificación iónica utilizando tripolisfosfato de sodio. La actividad enzimática del extracto crudo e inmovilizado se determinó empleando caseína como sustrato y se expresó en Ucas (Unidad caseinolítica). Al extracto crudo (100µl) y al inmovilizado (100mg) se añadió 1,1ml de caseína al 1% en baño termostatzado a 37°C; la reacción se detuvo a diferentes tiempos, agregando 1,8ml de TCA al 5%. Luego se centrifugó midiendo la absorbancia de los sobrenadantes a 280nm y se evaluó la estabilidad a diferentes pH. La actividad enzimática a pH=8 fue de 0,077Ucas (enzima libre en extracto crudo), 0,043Ucas (UCov) y 0,049Ucas (Entr). El porcentaje de inmovilización fue mayor para la enzima entrapada. Se observó mayor estabilidad al pH para la enzima inmovilizada Ucov. Las enzimas proteolíticas poseen un amplio campo de aplicación, la búsqueda de estrategias para optimizar su desempeño catalítico resulta de gran importancia para su uso industrial.

## **97 RA - DETERMINACION DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL PROCESO DE PAPAS PRE-FRITAS CONGELADAS**

**CHAUVET, S.; ALE, C. B.; SÁNCHEZ, M. L.; ABBAS, R.; BELLÓ, B. E.**

**Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán.  
Departamento de Ingeniería de Proceso y Gestión Industrial. Tucumán. Argentina.  
E-mail: schauvet@herrera.unt.edu.ar**

### **Resumen**

El Sector Fruti-Hortícola es caracterizado principalmente por procesos en base a la temporalidad de la producción. Un empaque que procesa y congela frutillas buscó una alternativa para reducir su tiempo de vacancia con el congelado de papa, surgiendo la necesidad de caracterizar las condiciones operativas restringidas a su equipamiento y con papa de la región.

El objetivo de este trabajo es presentar las condiciones operativas determinadas para las etapas de recepción de papa, pelado químico y pre-fritado de papa tucumana.

Para determinar las variables a controlar en la papa se utilizaron los requisitos para variedades comerciales para consumo humano. Para el pelado químico se realizaron ensayos con concentraciones de soda cáustica entre 2 y 10% y temperaturas de 80, 85 y 90°C, determinando en cada caso el tiempo de pelado. Para el pre-fritado se llevó a cabo según las normas de la calidad de fritura entre 140°C y 180°C en una freidora domestica.

Se aplicó un control de calidad iniciando con la limpieza de las papas eliminando así los restos de tierra. Observándose en primer lugar que estén íntegras, es decir, sean enteras, maduras, firmes y tengan la misma forma, aquellas que presentaron defectos y daños profundos derivados de brotes, podredumbre e incluso que exhibieron coloración verdeada, además de daños serios o muy serios fueron descartadas. Se ha conformado un protocolo de recepción donde se controla la integridad, variedad, limpieza, forma, defectos, podredumbre, madurez y daños.

De los datos sobre pelado se determinó que en el rango de trabajo de las temperaturas estudiadas no hay diferencias estadísticas en el tiempo de pelado, en cambio en las concentraciones sí, observándose que la correspondiente al 10% es la que logra el pelado en el tiempo de residencia de 5 minutos que posee la peladora del Empaque.

Para el pre-fritado se ha precalentando el aceite a una temperatura inicial de 140°C para después aumentar la temperatura a 180°C e ingresar las papas a la freidora. Se comparó visualmente con papas prefritas congeladas de una marca reconocida, definiéndose que a la temperatura de 170°C y un tiempo promedio de 100 seg se lograba la mejor calidad del producto.

Como conclusión se ha determinado un procedimiento para efectuar el control de calidad de la papa, se ha establecido las condiciones para el pelado químico con soda cáustica al 10% entre las temperaturas de 85 a 90 °C y para el prefritado a 170°C en un tiempo promedio de 100 seg.

## 98 RA - CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS

CROSTA, T.<sup>1</sup>; MARCHINI, M.<sup>2</sup>; FARÍAS, M.E.<sup>2</sup>

**1. Becaria CIN. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, Luján (6700), Provincia de Buenos Aires, Argentina**

**2. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, Luján (6700), Provincia de Buenos Aires, Argentina**

**E-mail: [efarias@unlu.edu.ar](mailto:efarias@unlu.edu.ar)**

### Resumen

Los almidones nativos se modifican químicamente para mejorar sus propiedades funcionales haciéndolos más versátiles para la industria alimentaria. Las modificaciones químicas clásicas son la acetilación, la hidroxipropilación, el entrecruzamiento y la oxidación. Cuando se diseña un nuevo alimento muchas veces no es fácil reconocer que tipo de modificaciones ha recibido el gránulo de almidón. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente y fisicoquímicamente cinco almidones de maíz modificados de uso industrial (U, H, C, S y B). A modo de comparación también se caracterizaron dos almidones nativos (papa y maíz). Se analizó por microscopía óptica el tamaño y forma de los gránulos antes y después de calentar, porcentaje de acetilación, sinéresis, porcentaje de amilosa, transmitancia de la pasta a la luz y porcentaje de grupos carboxílicos. A diferencia de los almidones nativos, los almidones modificados fueron poco teñidos con lugol, evidenciando menor contenido de amilosa. Los almidones modificados U y H presentaron el menor contenido de amilosa. Los análisis de imágenes por microscopía óptica mostraron que el almidón de maíz presentó un tamaño de gránulo de  $12,3 \pm 4,2 \mu\text{m}$  y el de papa de  $24,8 \pm 0,8 \mu\text{m}$ . Los almidones modificados presentaron tamaños entre 15 y 45  $\mu\text{m}$ . Los gránulos de los almidones nativos incrementaron su tamaño por calentamiento a 90 °C, el hinchamiento produjo la rotura de los gránulos de almidón de papa a 1 min y a 4 min para el almidón de maíz. En general, los almidones modificados no cambiaron el tamaño de gránulo con el calentamiento. Los almidones modificados B, C y U fueron acetilados, se destacó B con un porcentaje de acetilación del 6%. Las imágenes mostraron una alta correlación entre la fusión de los gránulos y el porcentaje de acetilación. La transmitancia de la pasta a la luz, relacionada con la solubilidad del almidón, fue superior para el almidón de papa (84 %) sin embargo el almidón de maíz mostró baja transmitancia (13%). Los almidones modificados presentaron transmitancia entre un 5 y 17%. La sinéresis de la pasta, una medida de la retrogradación, fue superior al 60% para los almidones modificados S, U y C, y menor al 4% para los almidones modificados B y H. El almidón nativo de papa no presentó sinéresis posiblemente por su gran capacidad de retención de agua. Se concluye que es posible relacionar la morfología y las propiedades fisicoquímicas con el tipo de tratamiento del almidón, restando para otros trabajos el análisis del comportamiento reológico.

## **99 RA - SECADO CONVECTIVO DE ANANÁ CON APLICACIÓN DE PULSOS DE ENERGÍA DE MICROONDAS**

**FERNÁNDEZ, P.<sup>1</sup>; MASCHERONI, R.<sup>2</sup>; RAMALLO, L.<sup>1</sup>**

**1.IMAM (CONICET–Universidad Nacional de Misiones). Misiones. Argentina**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). La Plata. Argentina.**

**lram@fceqyn.unam.edu.ar**

### **Resumen**

El calentamiento por microondas presenta algunas ventajas respecto a otras fuentes de calor: mayor velocidad de operación con el consiguiente ahorro de energía, control preciso del proceso, entre otros. Asimismo, el acelerado calentamiento con microondas puede originar heterogeneidad de temperatura dentro del material con cambios fisicoquímicos no deseados. En este trabajo se evaluó la aplicación de pulsos de microondas sobre el secado convectivo de ananá, para establecer la condición de secado más favorable en términos de cinética de pérdida de agua de frutas de *Ananás Comosus* variedad Cayena Lisa cortado en placas de 6 mm de espesor. Adicionalmente, se evaluó el efecto del proceso combinado de deshidratación osmótica-secado con pulsos de microondas respecto del proceso combinado de deshidratación osmótica-secado continuo. Se diseñaron siete condiciones diferentes de secado aplicando potencia de salida de microondas de 800 W con frecuencia de 2450 MHz y secado con corriente de aire de 1 m/s y 60 °C en diferentes relaciones de tiempo microondas- tiempo convección forzada. La deshidratación osmótica (DO) se realizó con solución de sacarosa de 50°Brix y 40°C, con agitación constante, durante 5 h. La comparación de la cinética de secado mostró que la aplicación de pulsos de microondas al secado convectivo es un método efectivo para acortar el tiempo que se requiere para alcanzar cierto contenido de agua en fruta de ananá. De las condiciones ensayadas los mejores resultados se registraron con secado convectivo con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos, donde a las 3 h de proceso las muestras de fruta retuvieron el 3,8 % del agua inicial en tanto que en ese período las muestras de secado convectivo continuo retuvieron el 21 %; asimismo el 10 % del contenido de agua inicial se alcanza en 150 y 240 minutos con secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos y con secado continuo respectivamente. Los resultados de las muestras de fruta previamente tratadas con solución de sacarosa son similares: en 150 y 240 minutos de secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos y con secado continuo respectivamente, la fruta alcanzó el 14% del agua contenida al inicio del secado. Se aplicó un modelo empírico (Ecuación de Page) para describir la cinética de secado, resultando apropiado el ajuste de este modelo a los resultados experimentales ( $r^2 \geq 0,96$ ).



# **100 RA - EL USO DE LA INTELIGENCIA COMPUTACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA EXPORTADORA DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS ARGENTINOS**

**D'ONOFRIO M. V.<sup>1</sup>, GONZÁLEZ M. A.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302,  
Mar del Plata. Argentina**

**E-mail: [fi.vicky@gmail.com](mailto:fi.vicky@gmail.com)**

## **Resumen**

La actividad pesquera integral (captura, industrialización y comercialización) en Argentina es altamente relevante a partir de los ingresos generados por las exportaciones y por la creación de empleo. Sus fortalezas y ventajas comparativas radican en la alta productividad del ecosistema marino existente en sus costas. Sin embargo, en el comportamiento del sector a lo largo de su historia se observan etapas de crisis de mayor o menor intensidad, ocasionadas por factores de política interna y por factores externos, que condicionaron la entrada de sus productos en el mercado internacional. Argentina destina la mayor parte de su producción pesquera al mercado externo, pero la industria pesquera no ha logrado convertirse en regular y sostenible. La actividad se centra en un número limitado de especies comercializadas como productos congelados, con mínimo procesamiento y escaso valor agregado. El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de una herramienta informática que evalúe la dinámica exportadora de Argentina en el mercado internacional de productos pesqueros en el período 1973 y 2012. Se simula la forma en que es evaluada usualmente por los expertos del área, relacionando indicadores que proporcionan un valor numérico, que en principio carecen de significado. La metodología consistió en utilizar la definición del indicador Modo de Inserción al Mercado Internacional para analizar la competitividad del sector, midiendo su presencia en un mercado específico y el grado de adaptabilidad de los productos de exportación a los mercados en crecimiento. Se utiliza la lógica difusa para definir predicados determinados por expertos del área. Primero se calificaron las características del mercado de los productos pesqueros argentinos utilizando conjuntos difusos. La evaluación final de los predicados resulta en valores de verdad. Un valor de verdad entre 0 y 0,18 indica que el sector se encuentra en retirada, entre 0,18 y 0,5 es vulnerable, 0,5 y 0,8 indica la pérdida de oportunidades y mayor a 0,8 que la situación es óptima. En el período de estudio los valores de verdad obtenidos -entre 0,18 y 0,5- demuestran que el sector pesquero argentino se ha mantenido vulnerable, por lo que se infiere que el sector no ha generado ventajas competitivas suficientes que le permitan el desarrollo sostenible.

## **101 RA - CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LECHE DE CABRA DE TAMBOS DE SANTIAGO DEL ESTERO. ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE AFM1.**

**CORONEL, M.B. <sup>1,2</sup>; PECE, N.<sup>3</sup>; FRAU, F.<sup>3</sup>; CANO, G. <sup>1,4</sup>; PACIN, A.M. <sup>1</sup>**

**1. Fundación de Investigaciones Científicas Teresa Benedicta de la Cruz. Dorronzoro 141 – (6700) Luján, Buenos Aires. Argentina.**

**2. CONICET (Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).**

**3. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avenida Belgrano Sur 1912 – (4200) Santiago del Estero, Argentina. E-mail: norapece@unse.edu.ar**

**4. CIC (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires).**

### **Resumen**

En Santiago del Estero se encuentra en crecimiento la producción de leche de cabra destinada a la elaboración artesanal de quesos en la zona de secano ubicada en los Departamentos Guasayán y Río Hondo. Se trata de pequeñas explotaciones campesinas que producen entre 25 y 55 l de leche/día, y que elaboran y venden sus propios quesos.

El monitoreo de la composición fisicoquímica y microbiológica de la leche que producen representa un desafío para las instituciones que acompañan a los productores campesinos y que buscan mejorar la calidad de los quesos y garantizar su inocuidad. Particularmente en este trabajo se determinó la calidad fisicoquímica y la ocurrencia de aflatoxina M1 (AFM1) en leche de cabra empleada para elaborar quesos artesanales.

AFM1 es una micotoxina que puede hallarse en la leche, como producto del metabolismo en mamíferos de la aflatoxina B1 (AFB1), posterior a la ingesta de alimentos contaminados por esa toxina. La AFM1 es resistente a la inactivación térmica y no se destruye por los procesos de pasteurización ni autoclavado. El Código Alimentario Argentino (CAA) indica como requisito que la contaminación por AFM1 deberá ser menor a 0.5 µg/l. Por su alto costo, los análisis de AFM1 no son realizados sistemáticamente en leche producida a escalas pequeñas.

Se analizaron muestras de leche del pool de ordeño de 14 tambos, durante diciembre de 2013. Se determinó el contenido (%p/v) de: grasa (G), proteína (P), lactosa (L), Sólidos No Grasos (SNG), empleando el analizador LactoStar Funke Gerber 3560 y pH y acidez titulable. Para el análisis de AFM1 se utilizó una columna de inmunoafinidad (Easi-Extract Aflatoxin®, R-Biopharm). La detección y cuantificación se realizó por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detección por fluorescencia (FD). El límite de cuantificación del método fue 0.01 µg/kg, y el porcentaje de recuperación fue 80%.

La composición promedio y DE de la leche de cabra fue: pH  $6,29 \pm 0,5$ ;  $17,17 \pm 2,67$  °D;  $5,79 \pm 1,11$  % G;  $3,67 \pm 0,09$  % P;  $4,60 \pm 0,10$  % L;  $9,00 \pm 0,21$  % SNG y se ajusta a los valores exigidos por el CAA. No se detectó AFM1 en ninguna muestra. Este resultado es acorde a lo esperado, ya que en este tipo de explotación caprina la alimentación es a monte y es poco probable que la misma esté contaminada por AFB1 y por lo tanto que su metabolito AFM1 se encuentre en la leche.

## 102 RA - COMPOSICIÓN FENÓLICA DE ORUJO DE UVA (*Vitis vinifera* L.) DEL CULTIVAR MALBEC

ANTONIOLLI, A.; FONTANA A.R.; PICCOLI, P.; BOTTINI R.

Instituto de Biología Agrícola de Mendoza, Facultad de Ciencias Agrarias,  
CONICET-UNCuyo, Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Argentina.  
E-mail: aantoniolli@fca.uncu.edu.ar

### Resumen

La recuperación de compuestos fenólicos presentes en residuos de vinificación constituye una alternativa sostenible y de alto valor agregado para las industrias. El orujo de uva es una potencial fuente de fitoquímicos, que pueden ser recuperados como compuestos funcionales para la industria farmacéutica, cosmética, industrias de alimentos, y ser utilizado también como bioplaguicidas. El objetivo de este trabajo fue la caracterización de compuestos fenólicos de un extracto de orujo de uvas cv. Malbec. Para obtener un extracto rico en compuestos fenólicos, se realizó una extracción sólido-líquido. El orujo fue molido con el solvente de extracción (etanol: agua, 50:50 v/v) durante 120 min a 60 °C. El extracto fue filtrado, concentrado en un evaporador rotatorio, liofilizado y almacenado a -20 °C hasta su análisis. Se efectuó la caracterización cualitativa y cuantitativa de los polifenoles de bajo peso molecular (LMW-PPs) y antocianinas, presentes en el extracto de orujo de uva tinta (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec. Se identificaron y cuantificaron 26 compuestos fenólicos (13 LMW-PPs y 13 antocianinas). La separación, identificación y cuantificación de los LMW-PPs se llevó a cabo con un sistema HPLC-MWD mediante la comparación con los tiempos de elución y espectros de los estándares puros. Las antocianinas fueron analizadas mediante HPLC-MWD y sus estructuras confirmadas mediante un sistema de UPLC-ESI-MS. Los LMW-PPs determinados fueron ácido gálico, tirosol, (+)-catequina, (-)-epicatequina, ácido cafeico, ácido sirínico, ácido cumárico, ácido ferúlico, polidatina, piceatanol, *trans*-resveratrol, quercetin-3-glucósido y quercetina, correspondiendo las concentraciones más altas a los flavanoles (+)-catequina y (-)-epicatequina. Con respecto a las antocianinas, los derivados de malvidina fueron los compuestos predominantes (siendo malvidina-3-glucósido la más abundante). Este trabajo es el primer reporte en el cual se identifica y cuantifica en un extracto de orujo de cv. Malbec el piceatanol, un análogo del *trans*-resveratrol con mayor actividad antioxidante. Los resultados obtenidos presentan la posibilidad del uso de los subproductos de vinificación como una fuente económica de compuestos fenólicos adecuados para aplicaciones biotecnológicas como una estrategia para la enología sostenible, aportando valor a los residuos de la vinificación de uvas cv. Malbec como potencial fuente de antioxidantes naturales.

## **103 RA - DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CALCIO Y MAGNESIO EN FOLIARES POR COMPLEXOMETRÍA EDTA**

**SÁNCHEZ, S.<sup>1</sup>; BALANZA, M. E.<sup>1</sup>; SANTIBAÑEZ, M. E.<sup>1,2</sup>; NIETO, L. R.<sup>1</sup>; GONZALEZ, V. N.<sup>1</sup>; JORDAN, P. E.<sup>1</sup>; CERVANTES, M. R.<sup>1</sup>**

**1 Laboratorio de Servicios a Terceros, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375, (5600) San Rafael, Mza, Argentina. E-mail: [mbalanza@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mbalanza@fcai.uncu.edu.ar)  
2 Becaria cofinanciada CONICET – UNCuyo.**

### **Resumen**

Gran parte de los elementos químicos conocidos son esenciales para las plantas, dividiéndose entre aquellos que se necesitan en cantidades relativamente grandes (macronutrientes) y los micronutrientes y elementos traza, requeridos en cantidades muy pequeñas. Los elementos mayoritarios en las hojas de las plantas informan sobre el contenido total de componentes estructurales y nutritivos del suelo, por lo que su determinación analítica tiene importancia desde el punto de vista agronómico para el seguimiento de los cultivos, así como también desde el punto de vista de la calidad de los foliares para alimentación animal, según la procedencia. Aunque el contenido de calcio suelen encontrarse alrededor del 1 a 3 % y el de magnesio entre 0,1 y 0,6%, ambos calculados sobre material seco, los métodos analíticos recomendados utilizan la EAA para su determinación. Dado que esta tecnología no está disponible en laboratorios de mediana complejidad, el objetivo del trabajo consistió en evaluar los parámetros de precisión y exactitud en la determinación del contenido de calcio y magnesio en foliares de olivo mediante titulación complexométrica con EDTA.

Para ello, alrededor de 5 g de material seco a 70°C durante 48 h, pesado con precisión de 1 mg, se calcinaron en mufla a 500°C y las cenizas obtenidas se solubilizaron con 10 ml de HCl 2N, completando luego a 250 ml con agua destilada. Diferentes alícuotas de 10 ml de esta solución se valoraron con EDTA: A pH 10 y utilizando Negro de Eriocromo T (NET) como indicador para valorar conjuntamente el calcio y el magnesio y a pH > 12, e indicador murexida (M) para valorar sólo el calcio. Una vez determinados los parámetros operativos de la metodología para la matriz a ensayar, se evaluaron los parámetros de exactitud (precisión y veracidad) de los datos mediante determinación de la repetibilidad (repeticiones independientes), robustez (por variaciones pequeñas de las condiciones de trabajo) y recuperación (mediante fortificación de las muestras por adición de analitos) de la técnica.

Resultados: No se presentaron dificultades para la valoración del calcio con M en la solución de cenizas, pero para la obtención de un punto final neto en la determinación de Ca + Mg con NET, se requirió utilizar una dilución 1:10 de la solución de cenizas y EDTA 0,005 N. En estas condiciones, la repetibilidad muestra  $2,1\% < CV < 2,5\%$  para Mg y  $0,9\% < CV < 1,3\%$  para Ca. La recuperación fue de  $99,8 \pm 0,3\%$  para calcio y  $98,7 \pm 2,3\%$ . Se concluye que las técnicas pueden ser utilizadas para los fines propuestos.

## **104 RA - MODELADO DEL LAVADO-DESINFECCION POR ASPERSION CON ACIDO PERACETICO EN FRUTILLAS MINIMAMENTE PROCESADAS**

**MENDEZ GALARRAGA, M.; SALSI, S.; MOGUILVSKY, M.; FENOGLIO, C.; VAN DE VELDE, F.; PIAGENTINI, A.; PIROVANI, M.**

**Instituto de Tecnología en Alimentos-Facultad de Ingeniería Química-Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829-(3000) Santa Fe, Santa Fe. Argentina.  
E-mail: [mpirovan@fiq.unl.edu.ar](mailto:mpirovan@fiq.unl.edu.ar)**

### **Resumen**

La tecnología de mínimo procesamiento requiere una apropiada selección de materia prima y la aplicación de estrategias para minimizar pérdidas y ofrecer calidad y seguridad de producto. Uno de los puntos más importantes es controlar la flora microbiana responsable del deterioro a través del lavado desinfección. La metodología más aplicada en la industria es el lavado por inmersión, sin embargo una alternativa que podría significar menor pérdida de compuestos bioactivos, sería aplicar aspersión. A partir de esto, el objetivo del trabajo fue modelar el lavado-desinfección por aspersión en frutillas frescas cortadas en cuartos con soluciones de ácido peracético, variando la concentración del agente activo (1-117 ppm) y el tiempo de lavado (11-138 s) aplicando la metodología de superficie de respuesta (diseño central compuesto). Se supuso que existía un modelo polinomial de segundo orden para representar cada una de las respuestas: reducción de microorganismos aerobios mesófilos totales (AMT), mohos (MH) y levaduras (LEV) respecto a los correspondientes recuentos de las frutillas cortadas previo al lavado. Para AMT, el modelo no mostró efecto de las variables de proceso sobre la respuesta por lo que la mejor estimación de la misma, es el valor promedio en las distintas corridas experimentales (reducción promedio en todo el espacio experimental ensayado de 1,6 log UFC/g). En cuanto a los mohos, el modelo MH indica que el tiempo de aspersión resulto significativo. A medida que aumenta el tiempo, la reducción es mayor y la máxima reducción de mohos (1,6 log UFC/g) se obtiene para 138 seg y concentración de 71,6 ppm. En las levaduras, por su parte, el modelo LEV de reducción indica que la concentración y el tiempo fueron significativos, con un máximo de 2,8 log UFC/g en condiciones de proceso de 117 ppm, con un tiempo de aspersión de 83 seg. La disponibilidad de modelos predictivos de la reducción de los microorganismos permite encontrar, para diferentes condiciones de proceso, la reducción que se alcanzaría para cada uno de los grupos evaluados. A partir de estos modelos, es también posible en un estudio posterior, optimizar el proceso conjuntamente con la retención de compuestos bioactivos en frutillas frescas mínimamente procesadas.

## 105 RA - OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE DESINFECCIÓN POR NEBULIZACIÓN CON ÁCIDO PERACÉTICO EN FRUTILLAS FRESCAS

VACCARI, M.C.<sup>1</sup>; VAN DE VELDE, F.<sup>2</sup>; PIAGENTINI, A.<sup>2</sup>; PIROVANI, M.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo, Santa Fe, Argentina

<sup>2</sup>Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Argentina

E-mail: [mpirovan@fiq.unl.edu.ar](mailto:mpirovan@fiq.unl.edu.ar)

### Resumen

La técnica de desinfección por nebulización (*fogging*) de frutas enteras es una alternativa de tratamiento prometedora para minimizar el deterioro microbiano y prolongar la vida útil de frutas frescas. Sin embargo, el impacto de esta tecnología sobre la calidad sensorial (color) debe ser analizado ya que estas características impactan fuertemente en la aceptación del producto por el consumidor. El objetivo de este trabajo fue optimizar el tratamiento de desinfección por nebulización con ácido peracético (APA) de frutillas frescas basado en la reducción de la carga microbiana y la retención del color. Se trabajó con frutillas frescas enteras variedad *Camarosa*. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta aplicando un diseño experimental central compuesto (2 factores en 5 niveles) de 11 corridas experimentales: concentración de APA (3.4, 20, 60, 100, 116.6  $\mu\text{L}$  de APA/L de cámara de nebulización) y tiempo de exposición (5.7, 15, 37.5, 60, 69.3 min). Para la optimización aplicando la metodología de respuestas múltiples de Derringer, se usaron los modelos polinomiales de 2do orden de las respuestas expresadas como reducción de microorganismos aerobios mesófilos totales (AMT), hongos y levaduras (HyL) y porcentajes de los cambios de color ( $\delta L^*$  y  $\delta a^*$ , %) con respecto a la materia prima sin tratar. Como escenario de optimización se propuso lograr máxima reducción microbiológica de la carga inicial (AMT y HyL), manteniendo sin cambios el color de la fruta ( $\delta L^*=0\%$  y  $\delta a^*=0\%$ ). La concentración y tiempo óptimos para alcanzar máxima reducción microbiológica sin cambios en el color de la fruta fue 96.9  $\mu\text{L/L}$  de APA durante 69,3 min, con un valor de índice de deseabilidad de 0.86. En dichas condiciones, los valores predichos para la reducción de AMT y de HyL fueron de 2.8 y 2.5 log UFC/g, y para  $\delta L^*$  y  $\delta a^*$  0.0 y -1.3 %, respectivamente. La aplicación de esta tecnología en condiciones óptimas, permitiría el control satisfactorio de la contaminación microbiana superficial presente en las frutillas frescas manteniendo los atributos de color.

## 106 RA - CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE DISTINTAS VARIEDADES DE MORAS (*Rubus Fruticosus*)

VAN DE VELDE, F.<sup>1,2</sup>; DRAGO, S.R.<sup>1</sup>; GRACE, M.<sup>3</sup>; LILA, M.A.<sup>3</sup>; PIROVANI, M.E.<sup>1</sup>.

Instituto de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química - UNL.  
Santiago del Estero 2829 (3000) - Santa Fe, Argentina.

Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Plants for Human Health Institute, College of Agriculture and Life Sciences NC  
Research Campus 600 Laureate Way, Kannapolis, NC (2829), EE.UU.

E-mail: [mpirovan@fiq.unl.edu.ar](mailto:mpirovan@fiq.unl.edu.ar)

### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar el perfil de compuestos fenólicos de moras (*Rubus fruticosus*) de distintas variedades ('Dirksen', 'Blacksatin' y 'Jumbo') cultivadas comercialmente en el centro-este de la provincia de Santa Fe. Se efectuó un estudio cualitativo y cuantitativo de las antocianinas y otros flavonoides y de taninos condensados (proantocianidinas) e hidrolizables (elagitaninos) reportados en moras. Para el análisis se utilizó cromatografía líquida de alta performance (HPLC) con detección por arreglos de fotodiodos (DAD) y espectrometría de masas (MS). Las antocianinas representaron el grupo de flavonoides mayoritario encontrado en estas frutas. La concentración de antocianinas totales fue de 100.9; 106.2 y 109.5 mg/100 g de fruta fresca (FF) para las variedades 'Dirsen', 'Blacksatin' y 'Jumbo', respectivamente. Cianidin-3-glucósido fue la principal antocianina hallada en todas las variedades, representando más del 80% del contenido total de este flavonoide. Cianidin-3-xilósido, cianidin-3-O-(6-O-malonilglucosido) y cianidin-3-dioxalilglucosido fueron otras antocianinas encontradas en menor proporción. Se destacó la presencia del flavonoide rutina (quercentin-3-O-rutinósido) en las tres variedades, encontrándose la mayor concentración (3.4 mg/100 g FF) en la variedad 'Blacksatin'. Las proantocianidinas (PAC) representaron el segundo grupo de fitoquímicos de mayor concentración en las moras, reportándose concentraciones de PAC totales en el rango 19.8-21.1 mg/100 g FF, no presentándose diferencias significativas entre las tres variedades estudiadas. Las PAC halladas fueron del tipo B, con diferentes grados de polimerización (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10). La concentración de elagitaninos totales fue de 8.3, 8.4 y 9.1 mg/100 g FF para 'Dirsen', 'Blacksatin' y 'Jumbo', respectivamente. De este grupo de compuestos fenólicos se detectó mayoritariamente la presencia de un isómero de Lambertianin C y de un dímero de galoil-diHHDP-glucosa, conocido como agrimoniin. La variedad 'Jumbo' mostró, en general, las mayores concentraciones de los compuestos fenólicos reafirmando la importancia de la selección de variedades en relación a su contenido de compuestos promotores para la salud.

## **107 RA - INFLUENCIA DEL AGREGADO DE INULINA Y ACEITES HIDROGENADOS SOBRE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE CHOCOLATE BLANCO LIBRE DE SACAROSA**

**RODRIGUEZ FURLÁN, L.T.<sup>1</sup>, ZARITZKY, N.<sup>2</sup>, CAMPDERRÓS, M.E.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Investigaciones en Tecnología Química (INTEQUI-CONICET) Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia- Universidad Nacional de San Luis. San Luis. Ej. de los Andes 950. (5700) San Luis. Argentina**

**E-mail: [mcampd@gmail.com](mailto:mcampd@gmail.com)**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

### **Resumen**

El chocolate dulce es un alimento de sabor único y atractivo de gran popularidad. Sin embargo, posee un elevado contenido de sacarosa, lo que limita su consumo por parte de la población diabética. Por ello, el desarrollo de formulaciones libres de sacarosa con características físicas y sensoriales similares al producto tradicional representa un desafío de suma importancia en la actualidad. En este sentido, diferentes formulaciones de chocolate blanco fueron desarrolladas en nuestro laboratorio con el reemplazo total de sacarosa (S) por combinaciones de edulcorantes como sucralosa (Su) y Stevia (St). Los estudios previos revelaron que la formulación de chocolate blanco con 75%St+25%Su, fue sensorial y físicamente aceptable con una mayor estabilidad y tiempo de vida útil que la muestra control con 100% sacarosa. A partir de estos resultados, se investigó la influencia de la sustitución parcial de la manteca de cacao con aceites hidrogenados y el agregado de inulina entre un 0 a 5%(p/p), (20%R+5%I; 20%R+10%I), sobre las propiedades térmicas del producto final, para la obtención de un baño de chocolate más económico. Para ello, se realizaron estudios de calorimetría diferencia de barrido: a una velocidad 5 °C/min entre 15-55°C en una corriente de N<sub>2</sub>. Se calcularon los siguientes parámetros mediante el software TA Universal Analysis: temperatura ( $T_f$ ) y entalpía de fusión ( $\Delta H_f$ ), y temperatura ( $T_c$ ) y entalpía ( $\Delta H_c$ ) de cristalización. Los estudios revelaron que al reemplazar la manteca de cacao en la muestra control (75%St+25%Su) con un 20% de reemplazante (20%R) la  $T_c$  y  $\Delta H_c$  disminuyeron de forma estadísticamente significativa,  $T_c=8,49^\circ\text{C}$  a  $5,64^\circ\text{C}$  y  $\Delta H_c=45,34\text{J/g}$  a  $34,02\text{J/g}$ , respectivamente. Sin embargo, al incorporar inulina, 10%(p/p), se produce un aumento estadísticamente significativo ( $P<0,05$ ) de  $T_c$  y  $\Delta H_c$ , alcanzando valores similares a la muestra control  $T_c=7,00^\circ\text{C}$  y  $\Delta H_c=53,33\text{J/g}$ . Un comportamiento similar fue observado para los valores de  $T_f$  and  $\Delta H_f$ , obteniendo un perfil similar entre las muestras 20%R+10%I:  $T_{F1}=20,45^\circ\text{C}$ ,  $T_{F2}=31,96^\circ\text{C}$ ,  $T_{F3}=34,46^\circ\text{C}$  y el control (75%St+25%Su):  $T_{F1}=18,66^\circ\text{C}$ ,  $T_{F2}=32,62^\circ\text{C}$ ,  $T_{F3}=34,66^\circ\text{C}$ . La energía de fusión total ( $\Delta H_{ft}$ ) disminuyó al reemplazar la manteca de cacao por aceites hidrogenados, de  $78,37\text{J/g}$  a  $58,37\text{J/g}$ . Mientras que al incorporar inulina en un 10%(p/p), se produce un aumento estadísticamente significativo en  $\Delta H_{ft}=87,14\text{J/g}$ , mayor a la muestra control. Estos resultados demuestran que el agregado de ingrediente funcional inulina en un 10%,p/p otorga al producto final, baño de chocolate blanco libre de sacarosa, un efecto positivo en sus propiedades térmicas, ya que permite mayores temperaturas de almacenamiento, una mayor estabilidad frente a los procesos de deterioro, a un menor costo.



## 108 RA - EVALUACIÓN DEL SECADO DE TRIGO MEDIANTE SÓLIDOS ADSORBENTES”

PANTUSO, F<sup>1</sup>; AGUERRE, R<sup>1</sup>.; ROLANDELLI, G<sup>3</sup>.; OJEDA, C<sup>2</sup>.; BOYADJIAN A<sup>1</sup>

1. Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Constitución y ruta 5 Luján, Buenos Aires. Argentina

2. Laboratorio Central, Universidad Nacional de Luján, Argentina .

3. Departamento de Cs. Básicas y Experimentales, UNNOBA, Argentina

E-mail: [pantuso@unlu.edu.ar](mailto:pantuso@unlu.edu.ar)

### Resumen

Con el propósito de conservar las semillas viables por largos períodos en los bancos de germoplasma, las mismas deben secarse a una humedad cercana al 5%(bs), en la actualidad este proceso es lento y costoso ya que se realiza con deshumificadores. Para el secado de semillas en contacto directo con sólidos, se ha utilizado en primera instancia el silicagel como adsorbente, con posterioridad se propuso el uso de otros adsorbentes que posean una alta capacidad de adsorción como la Bentonita Sódica, que es una arcilla compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmécticas. Con independencia de su génesis y modo de aparición, posee al sodio (Na<sup>+</sup>) como catión ínter laminar y presenta un gran poder de absorción, adsorción y facilidad de regeneración. Como consecuencia de dicha carga puede incluir en su superficie no solo cationes hidratados, sino también agua pudiendo retener de 15 a 20 veces su volumen. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética de secado de poblaciones de trigo (*Triticum aestivum*) mediante el uso de Bentonita Sódica a 25 °C, proponer un modelo matemático y evaluar su ajuste a la cinética de secado. El desecante usado fue bentonita sódica en polvo. La relación arcilla:grano fue de 1:1; 2:1 y 3:1. Las mezclas de grano húmedo (20 gr) y arcilla seca previamente termostatzada, contenidas en envases de vidrio, con tapa hermética, se colocaban en estufa de temperatura a 25 °C y recambiando el sólido desecante cada 24 horas. Para modelar la desorción de agua en las semillas se utilizó la ecuación empírica “a dos parámetros” propuesta por Peleg. La humedad base seca inicial promedio del grano fue de 13.09 %H (bs)  $\pm$  0.368. Se empleó un Diseño Factorial de dos vías para la evaluación de los tiempos de secado y la relación grano-arcilla. Para las comparaciones de medias entre los tratamientos, se utilizó el test de Diferencias Significativas Mínimas. ( $\alpha=0.05$ ). Se alcanzaron valores de humedad para la relación 1:1 del  $5.09 \pm 0.14\%$  bs a las 240 horas; y para las relaciones 2:1 y 3:1 del  $4.99 \pm 0.097\%$  (bs) y  $4.78 \pm 0.34\%$  (bs) a las 216 y 168 horas respectivamente. Del análisis factorial realizado, se observaron diferencias significativas entre los momentos evaluados como así también entre las relaciones 1:1 y 3:1. Respecto de los resultados obtenidos, se ajustaron al modelo matemático propuesto ( $R^2=0.9917 \pm 0.002$ ).

## 109 RA - PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y CAPACIDAD BIOCONTROLADORA DE LEVADURAS KILLER EN MICROVINIFICACIONES

FERNÁNDEZ DE ULLIVARRI, M.<sup>1</sup>, MENDOZA, L. M.<sup>1</sup>, MERÍN, M. G.<sup>2</sup>,  
CARRIÓN, R., <sup>2</sup>MORATA, V.<sup>2</sup>, RAYA, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET), Chacabuco 145, San Miguel de Tucumán (4000), Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria-Universidad Nacional de Cuyo, Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael (5600), Mendoza, Argentina.

E-mail: [lmendoza@cerela.org.ar](mailto:lmendoza@cerela.org.ar)

### Resumen

*Saccharomyces cerevisiae* es la principal levadura involucrada en el proceso de vinificación debido a sus óptimas propiedades fermentativas. Sin embargo, durante el proceso también están presentes otras levaduras llamadas no-*Saccharomyces*, las cuales cuando alcanzan elevadas poblaciones y dependiendo de la especie dominante pueden actuar como levaduras deteriorantes de los vinos. Uno de los mecanismos biológicos para el control de las poblaciones microbianas es la producción de toxinas proteicas o glicoproteicas denominadas toxinas *killer*, capaces de inhibir a otros microorganismos, taxonómicamente relacionadas o no con las cepas productoras. La producción de estas toxinas confiere una ventaja ecológica a las cepas *killer* al competir con cepas sensibles. El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades fermentativas y capacidad biocontroladora de levaduras *killer* inoculadas como cultivos iniciadores en vinificaciones a escala de laboratorio.

Las cepas *killer* seleccionadas, *S. cerevisiae* Cf8 y *Wickerhamomyces anomalus* Cf20, se inocularon en 800 ml de mosto tinto Malbec. *Pichia guilliermondii* Cd6 se utilizó como potencial cepa deteriorante. La evolución de las fermentaciones se siguió por pérdida de peso del sistema y el crecimiento de las levaduras se evaluó por recuento en placa. Los metabolitos producidos durante la fermentación se determinaron por kits enzimáticos y cromatografía gaseosa. El análisis sensorial fue llevado a cabo por un panel de jueces entrenados. El cultivo iniciador mixto, *S. cerevisiae* Cf8 y *W. anomalus* Cf20, fue capaz de concluir exitosamente la fermentación alcohólica en 11 días. Además, logró inhibir 4 ciclos logarítmicos del crecimiento de la cepa deteriorante *P. guilliermondii* Cd6, en comparación al crecimiento en ausencia de las toxinas *killer*. Los vinos elaborados con las levaduras *killer* y la cepa deteriorante presentaron concentraciones de etanol, glicerol y acidez volátil apropiadas. La inoculación de las cepas no-*Saccharomyces*, Cf20 y Cd6, incrementó las concentraciones de los compuestos de aroma, 2-fenil etil acetato y etil caprilato. Los vinos fermentados por el cultivo mixto *killer* en presencia de *P. guilliermondii* Cd6, fueron preferidos por los degustadores en relación a los vinos fermentados solo por las levaduras *killer*. En conclusión, la utilización de cepas *killer* permitió obtener vinos Malbec con características organolépticas apropiadas, logrando controlar el crecimiento y metabolismo de la cepa *P. guilliermondii* Cd6. Estos resultados avalan el potencial de las levaduras *killer* seleccionadas para actuar como cultivos iniciadores y agentes de biocontrol en fermentaciones vínicas.

## **110 RA - INCIDENCIA DE LA COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA DE QUESOS ELABORADOS CON LECHE MEZCLA OVEJA-BÚFALA EN EL FLAVOR DEL PRODUCTO FINAL**

**SUÁREZ, V<sup>1\*</sup>; BINETTI, A<sup>1</sup>; COSTA, S<sup>2</sup>; BRIGGILER MARCÓ, M<sup>1</sup>; MEINARDI, C<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Lactología Industrial (INLAIN, UNL-CONICET), Santiago del Estero 2829 (3000), Santa Fe, Argentina. \*[yivisuar@fiq.unl.edu.ar](mailto:yivisuar@fiq.unl.edu.ar)

<sup>2</sup>Instituto de Tecnología de Alimentos (FIQ-UNL) Santiago del Estero 2829 (3000) Santa Fe, Argentina

### **Resumen**

La leche bufalina es la segunda más producida en el mundo. El 90% se obtiene en India, Pakistán y China y se consume como leche fluida, productos fermentados y cuajadas frescas. En nuestro país, esta actividad comenzó en los años 90 como producción de carne y, recientemente, se está incorporando la producción de leche para quesería. Debido a la concentración de calcio y al tamaño de la miscela caseínica, se logran mejores rendimientos queseros que con leche bovina. Sin embargo, la bibliografía reporta que los quesos madurados elaborados con leche de búfala presentan un cuerpo duro, seco y de sabor neutro. Estudios previos realizados en nuestro Instituto mostraron efectivamente, que el flavor de estos quesos era pobre y no se modificaba significativamente a lo largo de la maduración. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición microbiana en quesos semiduros elaborados con leche de búfala adicionada con leche ovina y relacionar dicha composición con el flavor del producto final. Se realizaron elaboraciones con 50 L de leche de oveja (Experiencia I), leche mezcla (75 % de búfala, 25% de oveja; Experiencia II) y leche de búfala (Experiencia III). La leche fue pasteurizada (65 °C – 20 min) y enfriada rápidamente a 35 °C. La cuajada se cortó en trozos de 1 cm de lado y se calentó hasta 45°C. Los quesos se salaron por inmersión a 12 °C durante 6 hs. La maduración se realizó a 12 ± 1 °C y a los 7 u 8 días los quesos se envasaron al vacío. Se realizaron los siguientes recuentos microbiológicos: recuentos de bacterias lácticas totales (APC-Leche, 48 h - 37 °C), enterococos (BEA, 48 h – 37 °C), bacterias coliformes (ABRV, 24 h – 32°C), hongos y levaduras (Agar H y L, 3 - 5 d – 25 °C) y lactobacilos (Agar MRS pH 5,4 en anaerobiosis, 48 h – 37 °C) para los quesos a 0, 45 y 90 d. El recuento de bacterias lácticas se mantuvo en el orden de 10<sup>8</sup> UFC/g para los tres tipos de queso. El recuento de enterococos aumentó de 10<sup>2</sup> UFC/g (t=0) a 10<sup>6</sup> UFC/g (90 d) para el queso I; de < 10<sup>2</sup> UFC/g a 10<sup>5</sup> UFC/g para el queso II y de < 10 UFC/g a 10<sup>3</sup> UFC/g para el queso III. El nivel de lactobacilos aumentó de < 10 UFC/g (t=0) a 10<sup>6</sup> UFC/g (90 d) para las tres experiencias. El nivel de contaminantes (coliformes y hongos y levaduras) de los quesos fue < 10 UFC/g. El análisis sensorial realizado por un panel no entrenado de consumidores determinó que la formación de sabor y aroma fue menos pronunciada en los quesos elaborados a partir de leche bufalina. Por otra parte, un panel entrenado concluyó que los quesos obtenidos con la mezcla de ambas leches mejoraron sustancialmente los atributos textura y flavor con respecto a los elaborados con 100% de leche de búfala. Estos resultados sugieren el mejoramiento del flavor de quesos elaborados con leche de búfala por adición de un porcentaje de leche de oveja, relacionado al aumento de las NSLAB (enterococos) aportadas por esta última.

## 111 RA - CONSUMO DE SUSTRATOS Y FORMACIÓN DE PRODUCTOS DE CULTIVOS SIMULTÁNEOS DE LEVADURAS VÍNICAS Y *Oenococcus oeni* EN CONDICIONES DE VINIFICACIÓN

ALE, C. E.<sup>1</sup>; CARRIÓN, R.O., MORATA, V.I.<sup>2</sup>; PASTERIS, S.E.<sup>1</sup>

**1. INSIBIO-CONICET. FACULTAD DE BIOQUÍMICA, QUÍMICA Y FARMACIA. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina**

**E-mail: cemmale1986@gmail.com**

**2. CONICET- Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael-Mendoza. Argentina.**

### Resumen

El escalamiento de un proceso fermentativo a otro nivel de producción se realiza luego de su optimización a pequeña escala, representando una transición crítica para la transferencia de tecnología y comercialización de un vino. A fin de evaluar el desempeño de microorganismos previamente seleccionados por su capacidad de producir glicerol en cultivos simultáneos en medios con jugo de uva,  $10^6$  UFC/mL de suspensiones activas de *Sacharomyces cerevisiae* mc<sub>2</sub> (SC), *Kloeckera apiculata* mF (KA) y *O. oeni* X<sub>2</sub>L (OO) fueron inoculados en 3 y 5L de mostos Malbec y blanco-mezcla, respectivamente, en diferentes condiciones de incubación [estándar (ST) 28°C; pH 3,8; 120 mg/L SO<sub>2</sub>) y condición óptima determinada previamente para este sistema microbiano (MSR) 26°C; pH 5,5; 60,24 mg/L SO<sub>2</sub>)] y combinaciones de cultivo [condición MSR: 1- SC-KA-OO; condición ST: 2- SC-KA-OO; 3- SC-KA; 4- SC-OO; 5- SC; 6- *S. cerevisiae* IOC 18-2007 (control)]. El proceso se controló por disminución en la densidad de los sistemas. Cada 24 h se separaron alícuotas de mostos para evaluar viabilidad microbiana y al final del proceso los vinos se conservaron en botella (2 meses a 4°C) y fueron sometidos a: 1- determinaciones analíticas de sustratos consumidos y productos formados, 2- determinación de 5 esteres de cadena corta y 3- análisis sensorial. La fermentación se extendió 16 días con densidades finales entre 0,992-0,997 g/L. Los microorganismos inoculados desarrollaron con diferentes patrones de crecimiento, siendo *S. cerevisiae* el microorganismo predominante, luego *K. apiculata* y finalmente *O. oeni*. El comportamiento cinético de ambas levaduras también fue diferencial, mientras la levadura elíptica desarrolló más eficientemente en mostos Malbec, la apiculada lo hizo en blancos. En ambos casos los cultivos tuvieron un crecimiento superior a 28°C. Los microorganismos consumieron más del 80% de los azúcares disponibles y la totalidad del ácido málico. En vinos terminados el contenido alcohólico se encontró en rangos aceptables para las variedades ensayadas, con valores de acidez dentro del límite de calidad organoléptica. Se observó mayor producción de glicerol en vinos Malbec, con valores comparables a los obtenidos con la cepa comercial. Se detectó baja producción de esteres siendo etil acetato y 2-fenetil acetato los compuestos mayoritarios para ambas variedades. El análisis sensorial determinó buena aceptación sobre todo de aquellos vinos fermentados a 26°C. Los resultados obtenidos permiten reforzar la propuesta de utilización de las cepas seleccionadas en condiciones de vinificación para obtener productos de mejor calidad.

## **112 RA - EFECTO DE LA PRESENCIA DE HIERRO EN LA VIABILIDAD DE *L. casei* EN UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE CALABAZA**

**GENEVOIS, C.<sup>1,2</sup>; DE ESCALADA PLA M.<sup>1,2</sup>; FLORES, S.<sup>1,2</sup>**

**1. Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad de Buenos Aires. Av. Intendente Güiraldes 2160 - (C1428EGA)  
CABA, Buenos Aires. Argentina.**

**2. CONICET**

**E-mail: [cgenevois@di.fcen.uba.ar](mailto:cgenevois@di.fcen.uba.ar)**

### **Resumen**

La fortificación de alimentos es considerada la práctica más sustentable y costo-efectiva a largo-plazo para prevenir desnutriciones por carencia de nutrientes, dentro de las cuales, la anemia por deficiencia de hierro es una de las más prevalentes. Los microorganismos probióticos deben ser consumidos en cantidades adecuadas para proporcionar efectos benéficos a la salud del huésped, y además sobrevivir su pasaje a través del tracto gastrointestinal en un número suficiente para ser capaces de proliferar y colonizar el intestino. A lo largo de la vida útil del producto, éstos deben mantener su efectividad y potencialidad, para ello el C.A.A exige un recuento de células viables entre  $10^6$ - $10^9$  UFC/g alimento. La aplicación de coberturas comestibles, junto con otras tecnologías de obstáculos, es una estrategia utilizada para preservar y/o mejorar la vida útil de los alimentos. En Argentina, el zapallo anco es uno de los vegetales más consumidos y se encuentra disponible todo el año. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la presencia de hierro sobre la viabilidad de *Lactobacillus casei* (LC) (ATCC-393) en un alimento funcional a base de calabaza (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) fortificado con hierro mediante un proceso de impregnación en seco y recubierto con cobertura comestible a base de hidroxipropil-metilcelulosa conteniendo LC. Para ello, se evaluaron tres sistemas, A: impregnación con hierro y cobertura conteniendo LC, B: impregnación con hierro y cobertura, y C: impregnación sin hierro y cobertura conteniendo LC. El producto final presentó una  $a_w$  promedio de  $0,85 \pm 0,02$ , pH superficial de  $4,4 \pm 0,1$  y una humedad de  $27 \pm 5\%$ . El contenido de hierro total promedio en A y B fue de  $0,35 \pm 0,08$  mg/g calabaza, donde el  $56 \pm 4\%$  se encontró bioaccesible en el lumen intestinal, lugar donde ocurre su absorción. La viabilidad de LC en el sistema C se mantuvo estable ( $p > 0,05$ ) durante 21 días a  $8^\circ\text{C}$ , mientras que en el sistema A la presencia de hierro redujo significativamente el recuento a partir de los 14 días. La supervivencia a la digestión gástrica se redujo significativamente de 2 a 3 ciclos log en ambos productos a partir de los 14 días. Al final del ensayo, el recuento de células viables fue de  $5,8 \pm 0,2$  y  $8,7 \pm 0,1$  log (UFC/g calabaza) para A y C, respectivamente. Se concluyó que la presencia de hierro redujo la viabilidad de LC durante el almacenamiento, sin embargo, hasta los 14 días el producto fortificado con hierro cumplió con las exigencias del C.A.A.

**113 RA - RESIDUOS DE CALABAZA (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret)  
COMO SOPORTE DE *Lactobacillus casei***

**GENEVOIS, C.<sup>1,2</sup>; FLORES, S.<sup>1,2</sup>; DE ESCALADA PLA M.<sup>1,2</sup>**

**1. Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad de Buenos Aires. Av. Intendente Güiraldes 2160 - (C1428EGA)  
CABA, Buenos Aires. Argentina.**

**2. CONICET.**

**E-mail: [cgenevois@di.fcen.uba.ar](mailto:cgenevois@di.fcen.uba.ar)**

**Resumen**

Los procesos industriales como la elaboración de caldos y sopas instantáneas, o la producción de conservas suelen generar gran cantidad de residuos sólidos que se destinan generalmente a la alimentación de ganado o como abonos orgánicos. La calabaza *Cucurbita moschata* o Butternut, es un vegetal que se cultiva en todo el país y a lo largo de todo el año, y su manejo pos-cosecha tiene gran importancia debido a las grandes pérdidas que se generan. A partir de ello, la transformación de residuos o subproductos vegetales en compuestos de mayor valor empleando microorganismos es una tarea aún pendiente. Algunos autores, han demostrado el efecto protector de ciertos polisacáridos y fibras vegetales en la viabilidad de los probióticos. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la supervivencia de *Lactobacillus casei* (LC) vehiculizado en un ingrediente funcional a base de residuos de calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret, a las condiciones de proceso y almacenamiento, y estudiar el efecto de su presencia sobre la funcionalidad de la fibra dietaria procedente del residuo. Para ello, a 10 gramos de cáscara y pulpa de calabaza deshidratada se le adicionó agua, se esterilizó a 121°C durante 15 minutos, y se inoculó con una suspensión de LC en caldo MRS seguido de incubación a 37°C con agitación durante 24 h. Finalmente, fue secado al vacío durante 24 h y almacenado tanto a 8°C como a 22°C durante 35 días. De igual forma, se llevó a cabo un sistema control sin la adición de LC. Durante el almacenamiento, se determinó la viabilidad de LC, y al final del mismo la capacidad de hidratación (WHC), retención de agua (WRC) y absorción de agua (OHC), y el residuo insoluble en alcohol (AIR). Se observó que la supervivencia de LC disminuyó significativamente a partir de los 21 días cuando estuvo almacenado a 8°C, y a partir de los 35 días a 22°C. Las propiedades de hidratación no fueron afectadas por la presencia del probiótico, mientras que la OHC se redujo leve pero significativamente en el sistema con LC almacenado a 22°C. El almacenamiento a 8°C incrementó significativamente la WRC y OHC. Todos los sistemas presentaron un contenido de AIR mayor al 50%. Se concluyó que la presencia de LC no afectó la funcionalidad de la fibra dietaria contenida en el producto, mientras que la temperatura de almacenamiento afectó la supervivencia de LC, la WRC y la OHC.

## 114 RA - ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN FÚNGICA EN POLEN APÍCOLA PARA CONSUMO HUMANO.

PANCRAZIO, G. I.<sup>1</sup>; ROCHE, M. F.<sup>1</sup>; VALLEJOS, O. A.<sup>1</sup>; BALDI CORONEL, B. M.<sup>1</sup>

1. Facultad de Bromatología. Universidad Nacional de Entre Ríos. Perón 64 - (2820) Gualagayachú, Entre Ríos. Argentina  
E-mail: [bbaldi@fb.uner.edu.ar](mailto:bbaldi@fb.uner.edu.ar)

### Resumen

El polen Apícola por ser un producto deshidratado permite ser conservado por largo tiempo pero sus condiciones intrínsecas de  $a_w$ , pH y riqueza en nutrientes lo vuelven vulnerable de contaminación y alteraciones de tipo microbianas, favorecidas en las etapas de producción y comercialización por descuidos en su manipulación (tiempo de permanencia en trampa cazapolen, tipo de secado, conservación y envasado, modo de operar del comerciante, etc.). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el porcentaje de contaminación de hongos y posterior identificación de los géneros en 27 muestras de polen comercial para consumo humano en distintos tipos de envase. La metodología aplicada consistió en tomar al azar 100 granos de polen, los cuales se pasaron con pinza estéril a cajas de Petri estériles. Luego, 20 granos se dispusieron en cajas de Petri con ágar extracto de levadura glucosa cloranfenicol (YGCA) por quintuplicado. Las placas fueron incubadas en oscuridad a 25-28°C durante 4 a 7 días y a partir de los aislamientos primarios en papa dextrosa agar (PDA), se realizó la identificación usando distintas metodologías de acuerdo al género en estudio. Los resultados arrojaron contaminación con *Cladosporium cladosporioides* (66,7%), *Rhizopus stolonifer* (51,9 %), *Epicoccum nigrum* (44,4 %), *Alternaria alternata* (40,7 %), *Mucor racemosus* (33,3 %), *Mucor plumbeus* (14,8 %), *Aureobasidium pullulans* (25,9 %), *Penicilium citrinum* (18,5 % de muestras), *Penicilium sclerotium* (3,7 %), *Penicilium funiculosum* (3,7 %). A su vez, se observaron especies productoras de toxinas como *Alternaria tenuissim*, *Aspergillus aculeatus*, *Aspergillus flavus* (productor de aflatoxina) y *Aspergillus niger*. Se concluye que es necesario concientizar al sector productivo sobre la frecuencia de recolección del polen y la aplicación del proceso de secado, como así también de la manipulación del producto en la etapa de envasado. Las muestras que presentan menor contaminación fúngica son pólenes envasados en vidrio, siendo los de envases de plástico rígido una alternativa. Los envases de plástico flexible no ofrecen la protección necesaria para la conservación del producto. Además se recomienda que el polen apícola para consumo alimenticio debiera ser fraccionado en origen y no en el punto de venta.

## **115 RA - RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN POLIFENÓLICA DE LOS VINOS ESPUMOSOS Y LA FORMACIÓN DE LA ESPUMA**

**MARTÍNEZ-LAPUENTE, L<sup>1</sup>, BAÑUELOS, S<sup>1</sup>, GONZÁLEZ, M<sup>1</sup>, GUADALUPE, Z<sup>1</sup>, AYESTARÁN, B<sup>1</sup>, BUENO-HERRERA, M<sup>2</sup>, GONZÁLEZ-HUERTA, C<sup>2</sup>, LÓPEZ DE LA CUESTA, P<sup>2</sup>, PÉREZ-MAGARIÑO, S<sup>2</sup>**

**1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de la Rioja, Gobierno de La Rioja y CSIC). C/ Madre de Dios 51, 26006 Logroño; España**

**E-mail: [mirian.gonzalezl@unirioja.es](mailto:mirian.gonzalezl@unirioja.es)**

**2 Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería. Ctra. Burgos Km. 119. 47071, Valladolid, España**

### **Resumen**

Los vinos espumosos elaborados con el método champenoise se obtienen tras dos fermentaciones, seguidas del envejecimiento en botella junto a las levaduras durante al menos 9 meses (EC N° 606/2009). La espuma es un parámetro clave de calidad. Las propiedades de la espuma, su formación y estabilidad se han correlacionado con la composición química del vino aunque los compuestos que intervienen directamente en su calidad aún no están completamente establecidos. Algunos autores han intentado correlacionar la cantidad de proteínas, polisacáridos, aminoácidos y péptidos en los vinos espumosos con la calidad y propiedades de la espuma, pero hay pocos estudios sobre polifenoles. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue correlacionar las propiedades de la espuma de estos vinos con su composición polifenólica para determinar qué compuestos fenólicos son los que influyen en la espuma, lo que podría ser crítico en la producción de vinos tintos y rosados y espumosos. Se produjeron vinos espumosos a partir de uvas tintas en diferentes añadas. Los parámetros instrumentales de la espuma se analizaron por el método Mosalux (Maujean et al. 1990). Las antocianinas, ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, flavan-3-oles, y ácido gálico se analizaron por HPLC-DAD (Gómez-Alonso et al. 2007). Las muestras de vino se fraccionaron por cromatografía de permeación en gel (GPC) como se describe por Guadalupe et al. (2006), y los aductos de floroglucinol de las fracciones F2 fueron analizados por HPLC de fase inversa-DAD (Kennedy y Jones 2001). El coeficiente Pearson se empleó para examinar las relaciones lineales entre la composición química y las características de la espuma. Se usó un análisis de regresión lineal múltiple (MLR) para desarrollar un modelo de las propiedades espumantes, siendo variables independientes compuestos químicos que mostraban correlaciones significativas. Empleando el SPSS 13.0 de Windows para el procesamiento de datos. Los resultados demuestran que ninguno de los polifenoles presenta correlación con el tiempo de estabilidad de la espuma (TS). Sin embargo, la mayoría de las antocianinas y proantocianidinas se correlacionaron con la altura máxima (HM) y con la altura de la estabilidad de la espuma (HS), lo que indica que afectarían a la formación de la espuma. En los vinos rosados espumosos, los modelos para explicar el HM y HS fueron únicamente predichos por la malvidina-3-glucósido y la malvidina-3- (6-acetil) glucósido, respectivamente. En los vinos blancos espumosos, el parámetro HM pudo ser predicho por el ácido cumárico, pero mostró un valor de regresión bajo.



## 116 RA - CEREZAS LISTAS PARA CONSUMO - APLICACIÓN DE RAYOS UV

**GIMÉNEZ, A.; VIGNONI, L.; TESTA, A.; VENTRERA, N.; GUINLE, V.; TAPIA, O; MIRÁBILE, M.**

**Cátedra de Bromatología. Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo**  
**agimenez@fca.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

La cereza es un fruto altamente sensible que requiere de tecnologías de poscosecha apropiadas. La luz ultravioleta tiene la capacidad de desinfectar productos sin producir cambios físicos o químicos considerables en los mismos. No se conoce que haya efectos adversos sobre la salud de los consumidores. Existen antecedentes de su aplicación en poscosecha.

La tendencia de aumentar el consumo de frutas y hortalizas frescas exige ofrecer nuevas presentaciones nutritivas e higiénicamente confiables. Estos productos dan valor agregado a las materias primas y se diferencian al comercializado a granel.

El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de luz UV en cerezas, presentadas en envases listas para consumo.

El ensayo se llevó a cabo en un equipo diseñado exclusivamente para este proceso, conformado por una cámara cuyas paredes están cubiertas con material reflectivo que permite la reflexión de la luz, una lámpara de luz UV de 40W ubicada en la parte central y superior, un ventilador para evitar la acumulación de ozono en el interior y un dispositivo móvil que permite ingresar la fruta y extraerla luego del tratamiento.

Las cerezas recién cosechadas se seleccionaron, lavaron y enfriaron con agua a temperatura de 10°C adicionada de dióxido de cloro como desinfectante (Tecsá Clor al 1:1000).

Se ensayaron dos tiempos de exposición al UV de 5 y 15 minutos. Se mantuvo un testigo sin tratamiento.

La conservación fue de 15 días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  en envases plásticos de 200g con tapa. Durante la conservación se evaluó color, defectos, recuentos microbiológicos de levaduras, mohos, bacterias aerobias mesófilas y psicrófilas. Se utilizó estadística descriptiva.

Resultados: no se observaron defectos de oxidaciones o pardeamiento en ninguno de los tratamientos hasta los 15 días de conservación. Se redujo el defecto de ablandamiento de un 80 y 70 % en los frutos testigo e irradiados 5 minutos a 20% en los de 15 minutos. A los 7 días de conservación, hubo diferencias significativas en la reducción del conteo de bacterias aerobias mesófilas y psicrófilas, levaduras y mohos en ambos tiempos de exposición.

Conclusiones: el empleo de UV resultó ser efectivo respecto a la disminución de la carga microbiana, sencillo de aplicación y económico. Se logró un producto seguro, con valor agregado listo para consumo.

## 117 RA - OPTIMIZACIÓN DE CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE UN QUESO UNTABLE PROBIÓTICO CON COLESTEROL REDUCIDO.

LAZZARONI, S.<sup>1,2</sup>; PAVÓN, Y.<sup>1,2</sup>; CABALLERO, S.<sup>1</sup>; ZANNIER, M.<sup>1</sup>; TERCERO, E.<sup>1</sup>; VINDEROLA, G.<sup>2</sup>; ROZYCKI S. D.<sup>1</sup>

1. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química (FIQ)- Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santiago del Estero 2829 – (3000) Santa Fe, Argentina. E-mail: [sdrozycki@hotmail.com](mailto:sdrozycki@hotmail.com)

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET

### Resumen

Los productos lácteos funcionales y saludables han promovido el interés de los consumidores, estando los quesos relacionados a un importante volumen de comercialización, nacional e internacional. Las características texturales y reológicas de los alimentos ejercen una marcada influencia en su aceptabilidad, siendo los hidrocoloides los aditivos que generalmente más influyen. El objetivo fue optimizar la concentración de gelatina (G), almidón modificado (AM) y goma espina corona (GEC), para desarrollar quesos untables (QU) magros, probióticos y con colesterol reducido con características texturales similares o superiores a productos del mercado. Se utilizó un diseño experimental Box-Behnken, variándose las concentraciones de G (0,03-0,1% m/m), AM (0,05-0,15% m/m) y GEC (0,05-0,15% m/m). Se cuantificaron parámetros reológicos, sensoriales y fisicoquímicos a mediados de vida útil, de los QU experimentales y comerciales. Se utilizó reometría destructiva (viscosímetro cilindros concéntricos, HaakeRV2), modelando esfuerzo de corte en función del gradiente de deformación (determinando índices de consistencia, tixotropía y viscosidad). Para la evaluación sensorial, se realizó Análisis Descriptivo Cuantitativo, sobre descriptores de textura (consistencia, untabilidad, suavidad al paladar) y sensación trigeminal (astringencia), con evaluadores entrenados. Se evaluó la capacidad de retención de agua en condiciones de góndola (por gravedad) y aceleradas (centrifugación), estudiándose la influencia de los hidrocoloides utilizando regresión múltiple con variables codificadas. Se obtuvieron QU con colesterol reducido (> 87%). Los modelos obtenidos permitieron establecer que G y GEC favorecen aumento de viscosidad, consistencia, tixotropía, untabilidad, suavidad al paladar y capacidad de retención de agua, influyendo más la GEC que la G. AM generalmente mostró baja influencia; sin embargo, su contribución más beneficiosa se observa al combinarlo a partir de su nivel medio con otro hidrocoloide, contribuyendo sinérgicamente. La astringencia se atenúa con el aumento de GEC, disimulando este defecto sensorial, siendo incrementada por AM. Los hidrocoloides no afectan la viabilidad de los microorganismos probióticos utilizados (*L. rhamnosus* y *L. acidophilus*), siendo el recuento siempre > 10<sup>7</sup> UFC/g. Para la optimización de respuestas, se definieron los límites de aptitud de cada una y se aplicó la función Deseabilidad global de Derringer, sobre los modelos obtenidos. El nivel máximo de GEC resulta el principal contribuyente a las respuestas óptimas, mientras AM y en mayor medida G influyen a partir de sus niveles medios, mostrando sinergia positiva. Los resultados demuestran la factibilidad de usar la goma espina corona como espesante, en éste tipo de productos lácteos, preferentemente acompañada con otro/s hidrocoloide/s, pudiéndose utilizar en reemplazo de aditivos importados (gomas guar y garrofin).

## **118 RA - CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS, TEXTURALES, MICROESTRUCTURALES Y SENSORIALES DE YOGURES PROBIÓTICOS CON COLESTEROL REDUCIDO**

**PAVÓN, Y.<sup>1,2</sup>; LAZZARONI, S.<sup>1,2</sup>; SABBAG, N.<sup>1</sup>; COSTA, S.<sup>1</sup>; ROZYCKI, V.<sup>1</sup>; VINDEROLA, G.<sup>2</sup>; ROZYCKI, S.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química (FIQ)- Universidad Nacional del Litoral (UNL). Santiago del Estero 2829 – (3000) Santa Fe, Arg. Email: [sdrozycki@hotmail.com](mailto:sdrozycki@hotmail.com)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET**

### **Resumen**

Actualmente, en la industria alimenticia se promueve la mejoría continua de los atributos de textura y calidad de sus productos. Los hidrocoloides se adicionan para incrementar la estabilidad física y mejorar las propiedades sensoriales. La gelatina (GEL) y almidón modificado (AM) son aditivos normalmente utilizados en diversos productos lácteos, además de gomas de origen importado como la guar y garrofín. Para disminuir costos se busca sustituir estas últimas por gomas de origen nacional. La goma espina corona (GEC), oriunda de la región chaqueña Argentina, posee estructura y propiedades similares a las importadas mencionadas. Por otra parte, la correlación entre percepción sensorial y textura con parámetros instrumentales, es clave para analizar cómo la formación de la estructura puede influir en la aceptabilidad del consumidor. El objetivo fue estudiar la correlación existente entre parámetros reológicos, texturales, microestructurales y sensoriales, de yogures probióticos con colesterol reducido adicionados con GEL, AM y GEC. Se elaboraron yogures probióticos con colesterol reducido (utilizando betaciclodextrina como agente acomplejante de colesterol), con diferentes concentraciones de GEL (0-0,6% m/m), AM (0-1% m/m) y GEC (0-0,5% m/m), utilizando un diseño experimental Box-Bhenken. Las muestras obtenidas se caracterizaron mediante análisis reológico, textural, microestructural y sensorial. Se observó que el % de extracción de colesterol fue siempre > 86 % y que durante la vida útil la concentración del microorganismo probiótico (*L. rhamnosus*) fue siempre > 10<sup>7</sup> UFC/ml. De los ensayos viscosimétricos (Haake RV2) y reogramas de esfuerzo de corte vs. gradiente de deformación obtenidos, se obtuvieron los parámetros reológicos: índice de consistencia, viscosidad y tixotropía, que fueron positivamente correlacionados con la consistencia sensorial y cremosidad, al igual que con los parámetros texturales dureza y adhesividad (Instron Bluehill) y los valores sensoriales. El análisis digital de imágenes (microestructura) mostró que las intensidades del color gris son iguales y parejas (mayor uniformidad, U) cuanto menor es el contenido de hidrocoloides, siendo U negativamente correlacionada con los datos sensoriales. Por lo tanto, la adición de hidrocoloides, principalmente GEL y GEC, produjo mayores cambios en la microestructura de la red, textura y consistencia, observándose estructuras más firmes, resistentes a la penetración y pegajosas, con estructuras abiertas, menos compactas y heterogéneas en presencia de estos hidrocoloides, otorgando mayor cremosidad y consistencia sensorial. En conclusión, el análisis instrumental pudo ser correlacionado con la textura percibida sensorialmente, habiéndose obtenido adecuados modelos matemáticos predictivos y descriptivos del sistema, para los parámetros de textura evaluados por un panel sensorial entrenado.

## **119 RA - PERFIL DE TEXTURA (TPA) EN MEDALLONES DE SURUBI SOMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE COCCION**

**YVANOVICH, E.<sup>1</sup>; DOVAL, M.<sup>1</sup>; ROMERO A. <sup>1</sup>; JUDIS, M.<sup>1</sup>.**

**<sup>1</sup> Universidad Nacional del Chaco Austral. Comandante Fernández 755-(3700) Sáenz Peña, Chaco. Argentina.**

**E-mail: [ericayvanovich@uncaus.edu.ar](mailto:ericayvanovich@uncaus.edu.ar)**

### **Resumen**

Una prueba de doble compresión muy utilizada en la actualidad en el análisis de los alimentos es el llamado Análisis del Perfil de Textura (TPA). Este es uno de los atributos primarios que contribuyen a la calidad sensorial de los alimentos. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de tres sistemas de cocción: horno, fritura en aceite de girasol y microondas, sobre el perfil de textura de medallones cocidos de surubí mediante el análisis de TPA. La preparación de los medallones se realizó a partir de una formulación previamente definida, basada en un diseño multinivel factorial de 2<sup>3</sup>, en la que se estudió la combinación de proteínas e hidratos de carbono para optimizar el rendimiento en la cocción. Las muestras se moldearon en forma de medallones con un peso aproximado de 100g cada uno, y cada lote fue asignado a los diferentes sistemas de cocción. Los medallones horneados fueron cocidos en un horno precalentado a 200 °C durante 15 minutos. La fritura se llevó a cabo a 200°C durante 1,5 minutos utilizando un volumen de 400 ml de aceite de girasol comercial. La cocción en microondas se realizó en un horno (Wirphool ®) a potencia media durante un tiempo total de 100 segundos (50 segundos cada lado). El análisis de textura se realizó por quintuplicado con un Texturómetro Brookfield (modelo CT3) equipado con una celda de carga de 4,5 kg, aplicando un 40% de deformación. Los parámetros texturales elegidos para definir la calidad de los medallones cocidos, fueron: dureza (g), gomosidad (g), masticabilidad (mJ), adhesividad (mJ) y cohesividad (adimensional). El análisis de los datos se realizó con el software Statgraphics mediante un Análisis de Varianza simple ( $p < 0,05$ ). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas en todos los parámetros estudiados con los tratamientos de cocción excepto en la cohesividad. La dureza y gomosidad fueron significativamente menores para las muestras fritas con respecto a las horneadas y cocidas al microondas. En cuanto a la masticabilidad las muestras cocidas por microondas registraron un incremento significativo con respecto a las fritas y horneadas. En cambio, la adhesividad sólo fue significativamente mayor en las muestras horneadas. Las muestras fritas presentaron una textura más blanda y menos gomosa, en comparación con las horneadas y cocidas al microondas.

## **120 RA - UTILIZACION DE MICROTALCO NATURAL EN LA EXTRACCION DE ACEITE DE OLIVA**

**CORNEJO, V.; GINES, I.L.; OLIVERA, R.; BUSTOS, O.**

**1. Estación Experimental Agropecuaria San Juan. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Calle 11 y Vidart, Villa Aberastain, Pocito, San Juan (5427) Argentina. E-mail: [cornejo.vanina@inta.gob.ar](mailto:cornejo.vanina@inta.gob.ar)**

### **Resumen**

En la extracción del aceite de oliva, se utilizan coadyuvantes de acción física, que actúan como material de soporte adsorbiendo microgotas de aceite retenidas en las paredes de las células, aglutinándolas e incrementando la cantidad de aceite liberado. El talco micronizado (Silicato de Magnesio Hidratado natural) es un coadyuvante mineral aprobado por normativa internacional y nacional para este uso. Objetivo: determinar el rendimiento en la extracción de aceite de oliva utilizando diferentes dosis de microtalco y evaluar la calidad del producto final. Se recolectaron frutos de *cv. Arbequina* de una parcela Experimental, 5 lotes de 200 gramos cada uno. Los tratamientos consistieron en el agregado de talco en el amasado, en diferentes dosis: 0; 0,75; 1,5; 2,0 y 3,0 %p/p, con tres repeticiones cada uno. Se utilizó un equipo Oliomio 200, que consta de: lavadora, molino de martillos, termobatidora y centrífuga. Los frutos procesados tuvieron valores similares de índice de madurez, porcentaje de materia grasa en base seca y húmeda y peso de 100 unidades. En el aceite se evaluó: calidad química, sensorial y condiciones de proceso. Los datos se analizaron con análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con el Test de Duncan. Se observó en todos los casos que el uso de microtalco mejoró el porcentaje de aceite obtenido en el proceso, desde un 0,77 a 2,04%. El tratamiento que presentó mejor extracción fue la dosis de 1,5%. La calidad química del aceite no se vio afectada por el uso del coadyuvante, todos los aceites resultaron aceites de oliva extra virgen. Los valores mas altos de estabilidad oxidativa y polifenoles totales se hallaron en el testigo, pero no hubo diferencias significativas entre este y las diferentes dosis de talco evaluadas. La evaluación sensorial mostró diferencias significativas entre el testigo y la dosis del 0,7% en el parámetro picante y en general todos los aceites fueron armónicos en frutado, amargo y picante. Se concluyó que el uso de microtalco no afectó la calidad química ni sensorial del aceite de oliva. Se recomienda el uso de la dosis 1,5 % en peso, ya que incrementa la extracción y esto impacta significativamente en la rentabilidad de la industria olivícola.

## **121 RA - CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE VINOS: FILTRACIÓN TRADICIONAL VS MONITORES DESCARTABLES**

**MERCADO L.<sup>1</sup>, FALCONI P.<sup>2</sup>, CHIMENO V.<sup>1,2</sup>, DIAZ QUIROZ C.<sup>2</sup>, COMBINA M.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología Enológica, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, INTA; San Martín 3853 (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.  
E-mail:mercado.laura@inta.gob.ar**

**<sup>2</sup>BIOVIN SA.**

### **Resumen**

La detección de microorganismos para el control de calidad durante la elaboración de vinos requiere métodos seguros y rápidos. El método tradicional para estimar la presencia de microorganismos en vinos es el recuento en placa, implicando siembra sobre medios de cultivo, incubación a temperatura adecuada y recuento de colonias. La técnica más comúnmente utilizada en control de calidad de vinos es la filtración por membrana, la cual permite modificar el volumen total de muestra de acuerdo a las necesidades. Existen en el mercado unidades filtrantes descartables estériles llamados monitores, los cuales cuentan con un soporte absorbente que embebido en un medio de cultivo líquido simula un medio agarizado. Teniendo en cuenta la necesidad de resultados certeros y a la vez de metodologías fácilmente aplicables y eficientes en tiempo y recursos se realizó un análisis comparativo de metodologías disponibles para detección de microorganismos en vino. Con el objetivo de observar si existen diferencias en el crecimiento de grupos microbianos de importancia enológica se evaluaron dos metodologías: método propuesto por el laboratorio de Microbiología de INTA EEMendoza (INTA-BIOVIN) y método COMERCIAL. El método INTA-BIOVIN utiliza filtración con membrana de nitrocelulosa (0,45 µm) con filtro esterilizable de vidrio y cultivo en placas de Petri con medios agarizados; el método COMERCIAL utiliza monitores descartables estériles y medios líquidos comercializados en ampollas, se ensayaron dos marcas comerciales de ambos. Se realizó el recuento de grupos microbianos de relevancia en enología: hongos y levaduras, bacterias mesófilas aerobias (BMA) y bacterias lácticas. No se observaron diferencias significativas en los recuentos de levaduras para los métodos ensayados. Por otro lado, no se detectó desarrollo de hongos filamentosos en medios de cultivo comerciales, sí en los correspondientes a método INTA-BIOVIN. Siendo los hongos indicadores de la higiene durante la elaboración es de gran importancia su detección. Además, no se detectó desarrollo de BMA con metodología COMERCIAL, indicando baja eficacia de los resultados. En este mismo análisis, BAM por método COMERCIAL, se observó crecimiento de levaduras y hongos en las placas, lo cual indica que estos medios no cuentan con inhibidores de “flora acompañante”, limitando su utilidad en la detección de BMA en muestras enológicas en las cuales la presencia de hongos y levaduras es habitual. Aun cuando el uso de monitores implica un ahorro en tiempo de preparación y acondicionamiento de material su aplicación en el análisis de muestras enológicas debe ser cuidadosamente evaluada de acuerdo a estos resultados.

## 122 RA - PRESENCIA DE LEVADURAS OSMÓFILAS EN PLANTAS ELABORADORAS DE JUGO DE UVA CONCENTRADO

TORRES PALAZZOLO C.<sup>1,2</sup>, STURM M.E.<sup>1</sup>, ROJO, M.C.<sup>1,4</sup>, MERCADO, L.<sup>1,2</sup>;  
COMBINA, M.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> EEA Mendoza, INTA. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias –UNCuyo. <sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) <sup>4</sup> Corporación Vitivinícola Argentina (COVIAR)

E-mail: [rojo.cecilia@inta.gob.ar](mailto:rojo.cecilia@inta.gob.ar)

### Resumen

El jugo de uva concentrado (JUC) es un *commodity* y por su carácter natural se utiliza como edulcorante de bebidas gaseosas y en la industria farmacéutica. Si bien el JUC es un sustrato microbiológicamente más estable que otros alimentos, no está exento de sufrir alteraciones. Trabajos anteriores realizados en nuestro laboratorio, han demostrado que *Zygosaccharomyces rouxii* es la principal especie de levadura alterante de este sustrato. El proceso de elaboración del JUC incluye varias etapas. Identificar los puntos de contaminación con levaduras osmófilas durante la elaboración de JUC puede contribuir al adecuado desarrollo de un programa de calidad para esta industria. El objetivo del presente trabajo fue identificar en qué etapa del proceso se produce la contaminación con levaduras osmófilas y que superficies de la planta pueden constituir punto de contaminación del producto. Se tomaron muestras en tres plantas concentradoras de jugo de uva ubicadas en las provincias de Mendoza y San Juan. Las muestras de jugo de uva y las diferentes superficies se determinaron “in situ” dependiendo de la planta elaboradora e incluyeron: jugo de uva sulfitado, jugo de uva desulfitado, jugo de uva pre-concentrado, JUC e hisopados de la superficie de mangueras, piletas, tanques, piso y paredes, entre las más importantes. Las muestras fueron sembradas en medio de cultivo selectivo para levaduras osmófilas (MY50G) se incubaron a 28°C durante 5-7 días. La identificación de las levaduras aisladas se realizó por amplificación de la región ITS1-5.8S-ITS2 del ADN nuclear y la posterior secuenciación de la misma. Los resultados mostraron ausencia de levaduras osmófilas en las muestras obtenidas en etapas previas al proceso de pre-concentrado o concentrado de jugo de uva. Una elevada población de levaduras osmófilas fue detectada en jugos de uva pre-concentrados y en las superficies asociadas a la conservación y traslado de este producto (placas filtrantes, pisos, mangueras y caños de traslado, e incluso en el pico de la llenadora). Las especies identificadas fueron variables según la planta elaboradora, pero en general se observó un predominio de *Z. rouxii*. Otras especies identificadas fueron *Wickerhamomyces anomalus*, *Citeromyces matritensis*, *Torulaspora delbrueckii*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Schizosaccharomyces pombe* y *Candida apicola*. Se demostró que las superficies de las plantas elaboradoras presentan levaduras osmófilas y pueden constituir puntos críticos de contaminación del jugo de uva una vez que ha sido concentrado.

## 123 RA - VALIDACIÓN DE UN MODELO PROBABILÍSTICO PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO DE *Dekkera bruxellensis* EN VINOS

**STURM M.E.<sup>1</sup>, PEREZ M.D.<sup>1</sup>, ARROYO-LÓPEZ F.N.<sup>2</sup>, GARRIDO-FERNÁNDEZ A.<sup>2</sup>, CIKLIC I.<sup>1</sup>, SARI S.E.<sup>1</sup>, MERCADO L.<sup>1,4</sup>, COMBINA M.<sup>1,3</sup>.**

<sup>1</sup>EEA Mendoza INTA. Luján de Cuyo. Mendoza.

<sup>2</sup>Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSIC). Sevilla. España

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>4</sup>Facultad Cs. Agrarias. UNCuyo, Mendoza. E-mail:sturm.maria@inta.gob.ar.

### Resumen

*Dekkera/Brettanomyces bruxellensis* ha sido descripta como la principal levadura contaminante de vinos tintos y está asociada con la detección de fenoles volátiles descriptos como aroma "animal", "medicinal", "sudor de caballo", "establo" y/o "fenólico". Estos aromas negativos afectan seriamente la calidad del producto final. En un estudio previo se desarrolló un modelo matemático que permite conocer las condiciones de crecimiento/no crecimiento de *D. bruxellensis* en función del contenido de etanol, SO<sub>2</sub> libre y pH de los vinos. Para la obtención de los datos se utilizó una cepa nativa de *D. bruxellensis* (CH29) y se trabajó con diferentes niveles y combinaciones de las variables: etanol (10-15%, v/v), pH (3,4-4,0), SO<sub>2</sub> libre (0-50 mg/L) y tiempo (7, 14, 21 y 30 días) en medio de cultivo simil-vino (MSV). El análisis de los datos se realizó mediante un modelo probabilístico, generando gráficos de superficie de respuesta. El objetivo del presente trabajo fue validar el modelo probabilístico previamente desarrollado considerando otras cepas de *D. bruxellensis* en MSV y en sustrato natural (vinos artificial y naturalmente contaminados con la levadura). En una primera instancia, se inocularon dos cepas nativas de *D. bruxellensis* en MSV usando algunas de las diversas combinaciones de las variables utilizadas en el modelo. Por otro lado, se inoculó la cepa CH29 en 10 vinos esterilizados por filtración con diferentes valores de etanol, SO<sub>2</sub> libre y pH. Finalmente, 12 vinos naturalmente contaminados con *Dekkera* fueron incluidos en el análisis. Se monitoreó el crecimiento mediante D.O. y recuento de células viables durante 30 días. Se aplicó la ecuación obtenida a partir del modelo matemático, introduciendo los valores de las variables químicas de los distintos sustratos para calcular la probabilidad de crecimiento de esta levadura en esas condiciones particulares. Estos valores se compararon con los datos experimentales obtenidos. Los resultados mostraron que el modelo predijo correctamente el 100 % de los casos. Además fue capaz de predecir por exceso el crecimiento de la levadura, otorgando un óptimo margen de seguridad tanto para otras cepas de *D. bruxellensis* como en el sustrato natural (vino). Este modelo representa una valiosa herramienta para la industria ya que permite, estimar el riesgo particular de cada vino a desarrollar *D. bruxellensis* y diseñar un plan adecuado para su control; y conocer cuáles son las combinaciones de las variables estudiadas que inhiben el crecimiento de esta levadura durante 30 días.



## **124 RA - FLUIDOS VISCOSOS MOVIDOS CON BOMBA CENTRÍFUGA: PROCEDIMIENTO PARA EL TRAZADO DEL OJO DE SUCCIÓN**

**MUÑOZ, E.; POSSA, H.; SINI, S.; EIRIN, R.; RUBIO, L.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael. Mendoza. Argentina  
E-mail: emunoz@fcai.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

La literatura especializada desaconseja el uso de bombas centrífugas para mover fluidos viscosos. El Instituto de hidráulica de USA ha publicado gráficas que muestran la disminución de coeficientes de caudal, presión y eficiencia al aumentar la viscosidad. Actualmente las mismas están en revisión.

Además, productos viscosos, como derivados del tomate y frutas, son concentrados en evaporadores de circulación forzada usando bombas centrífugas.

De la revisión de los fundamentos teóricos de las bombas centrífugas hemos concluido que en las ecuaciones de diseño no interviene la viscosidad aunque, para mover en el sistema un líquido más viscoso que el de referencia (agua), la bomba deberá diseñarse para entregar una mayor presión; el diseño de la bomba será distinto ya que los pasajes de fluido deberán tener la suficiente sección para que no se superen las velocidades seguras para tales fluidos; una vez que el fluido entró al canal impulsor éste lo ha de bombear, lo que condiciona el funcionamiento con fluidos viscosos es la zona de succión y en general han de ser bombas de velocidades específicas bajas.

Se plantea como objetivo obtener un procedimiento para el cálculo y trazado de la zona del ojo del impulsor de bombas centrífugas de baja velocidad específica que asegure la continuidad de la vena fluida.

En la literatura, la zona comprendida entre el ojo del impulsor e inicio del álabe no es, en general, objeto de cálculo. No se encontró ninguno referido específicamente a este caso, de flujo unidimensional. El único (Karassik, 2002) es de aplicación general y poco detallado.

De hipótesis resultantes de la mencionada revisión, y datos empíricos y relaciones geométricas, se elabora una memoria de cálculo para el trazado punto a punto de disco, contradisco y entrada de álaves.

Este procedimiento es parte del proyecto de investigación que concluye en un diseño completo de bomba centrífuga para operar con productos viscosos, en el que se trabaja. La actual parte experimental consiste en probar bombas estándar con productos viscosos.

Se concluye que se trata de un procedimiento original para diseñar y trazar una parte clave en la operación de bombas centrífugas y que es crítica cuando operan con fluidos viscosos y que el desarrollo teórico está validado por la consistencia interna de sus inferencias, esto es, que las hipótesis de partida sean correctas y las deducciones no contengan errores lógicos.

## **125 RA - RECUBRIMIENTO COMESTIBLE ACTIVO SOBRE HAMBURGUESAS DE PESCADO COCIDAS Y REFRIGERADAS.**

**MICHALUK, A.<sup>1</sup>; ROMERO, A.<sup>1</sup>; DOVAL, M.<sup>1</sup>., JUDIS, M.<sup>1</sup>; YVANOVICH, E.<sup>1</sup>; BERTOLA, N.<sup>2</sup>**

**1. Universidad Nacional del Chaco Austral, Comandante Fernández 755, Sáenz Peña, Chaco, Argentina.**

**Email: arielmichaluk@uncaus.edu.ar**

**2. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA)- CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

En este trabajo se estudió el efecto de un recubrimiento comestible activo, aplicado en la superficie de hamburguesas cocidas de pescado, sobre la pérdida de peso y la oxidación lipídica durante el almacenamiento refrigerado. La solución formadora de películas (SFP) fue elaborada en base a proteína de suero de quesería concentrada (WPC) y plastificada con glicerol (Gly) en concentraciones de 8,7 g proteína/100 g de solución formadora y 38 g Gly/100 g proteína. La SFP fue adicionada con un extracto liofilizado de brotes de soja (ELBS) con 31,5 mg equivalentes de ácido gálico por g de materia seca de polifenólicos, en una concentración de 0,8% (p/p) en la SFP y de 6,5% en la película formada. Como sistema modelo del recubrimiento se elaboraron películas con y sin el agregado de ELBS que fueron analizadas para determinar contenido de compuestos reductores liberados a un medio acuoso (método Folin-Ciocalteu) y permeabilidad al oxígeno (Mocon OX-Tran 2/20). Las hamburguesas cocidas fueron cubiertas por medio de pincelado y secado de la SFP sobre toda la superficie de las mismas dos veces. Luego fueron almacenadas a 10 °C durante 8 días. A los 0, 4 y 8 días se retiraron para su análisis dos muestras de las Hamburguesas con Recubrimiento (HR), Hamburguesas con Recubrimiento Activo (HRA) y Hamburguesas sin recubrir (HC). La pérdida de peso de dichas muestras fue analizada por gravimetría y la oxidación lipídica fue evaluada a través del valor peróxido (FIL/IDF-74A:1991) y las sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbiturico (TBARS). Los resultados obtenidos indicaron que las películas liberaron sustancias reductoras desde la matriz. Las permeabilidades al oxígeno de las películas con y sin adición de ELBS no fueron significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) siendo sus valores de  $145,06 \pm 26,13$  y  $151,19 \pm 58,05$  ( $\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{kPa}$ ), respectivamente. Las pérdidas de peso durante el almacenamiento de las HR ( $5,46 \pm 3,1\%$ ) y las HRA ( $4,74 \pm 2,5\%$ ) fueron significativamente menores respecto a las HC ( $18,6 \pm 0,6\%$ ). Con respecto a la oxidación lipídica, tanto la formación de peróxidos como la formación de TBARS fueron inhibidas en las hamburguesas con recubrimiento presentando a los 4 días de almacenamiento los mayores porcentajes de reducción,  $59,0 \pm 2,3\%$  y  $71,6 \pm 0,4\%$ ; y  $17,8 \pm 5,2\%$  y  $26,1 \pm 0,9\%$  para HR y HRA respectivamente. Es decir, los recubrimientos comestibles elaborados sobre la base de proteína de suero de quesería adicionada con extracto de brotes de soja protegen las pérdidas de peso y la oxidación lipídica de las hamburguesas de pescado cocidas durante la refrigeración.

## 126 RA - MEDALLONES DE SURUBÍ APTO PARA CELIACOS

**CLAVERO, V.; ROMERO, M.; RIERNERSMAN, C.; YVANOVICH, E.; ROMERO, A.; DOVAL, M. y JUDIS, M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral – Comandante Fernández 755 - (3700)

Sáenz Peña, Chaco. Argentina.

E-mail: [vaniclavero@hotmail.com](mailto:vaniclavero@hotmail.com)

### Resumen

En la preparación de productos cárnicos cocidos es necesario el uso de aditivos que mejoren ciertas propiedades funcionales tales como, capacidad de retención de agua y grasa, emulsificación y constitución de su estructura, mejorando a su vez la calidad textural. Generalmente se utilizan para ello almidones con alto contenido de gluten los que los hacen inaccesibles para el sector de la población que presenta intolerancia al mismo. Trabajos previos demostraron que la adición de harina de arroz (HA) libre de gluten, mejoró la calidad textural y disminuyó las pérdidas por cocción en productos cárnicos a base de carne vacuna, cerdo, pato y pollo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de HA y de agua sobre el rendimiento y la textura de medallones cocidos de surubí. Las muestras se prepararon por duplicado, a partir de carne picada y emulsionada, adicionando 1,2% de sal, 2,7% de clara de huevo y 0,01% de Butilhidroxianisol. Como aditivos se utilizaron HA comercial y agua en diferentes concentraciones 0%, 5% y 10%; y 0%, 20% y 30%, respectivamente, adoptando un diseño multinivel factorial 3<sup>2</sup>. La mezcla resultante se moldeó en piezas de 90 mm de diámetro y 20 mm de altura, de aproximadamente 100g, las que fueron sometidas a cocción a 200°C hasta que su centro térmico alcanzó los 74°C, pesándose antes y después para la determinación del rendimiento de cocción. Tras un breve período de enfriamiento, las mismas fueron envasadas en películas de alta permeabilidad al oxígeno y congeladas a -18°C hasta su análisis. A cada lote se le realizó el análisis del perfil de textura (TPA) con un Texturómetro Brookfield. Los datos fueron procesados utilizando el software Statgraphics. Los resultados obtenidos, con un R<sup>2</sup> de 95%, mostraron que la combinación que presentó el mayor rendimiento (91,5%) es la que contiene un 10% de HA y 0% de agua, sin embargo se observó que la dureza se incrementó con el aumento del contenido de HA hasta un máximo de 19,5 N. Debido a ello, se llevó a cabo el análisis de optimización de múltiples respuestas con ambas variables cuya función de deseabilidad contempló el máximo rendimiento y la mínima dureza. Dicho análisis determinó que la formulación de 24% de agua y 6,75% de HA presentó un producto con alto rendimiento (88,97%) y con una dureza comparable a un medallón de carne vacuna adicionada con almidón de maíz (10,09 N).

## **127 RA - CRITERIO ESTADÍSTICO DE VALIDACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA ESTIMAR EL CRECIMIENTO DE UNA CEPA DE ARQUEA TERMOACIDÓFILA**

**MAYANS, L.<sup>1</sup>; OCAMPO, S.<sup>1</sup>; GIAVENO, A.<sup>2</sup>; LAVALLE, L.<sup>2</sup>; CURIA, L.<sup>3</sup>; LAVALLE, A.<sup>3</sup>;**

**1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.**

**2. PROBIEN (CONICET-UNCo). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.**

**3. Facultad de Economía y Administración, Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.**

**e-mail: [andrea.lavalle@faea.uncoma.edu.ar](mailto:andrea.lavalle@faea.uncoma.edu.ar) - [lavalleandrealina@gmail.com](mailto:lavalleandrealina@gmail.com)**

### **Resumen**

Las arqueas desempeñan un papel relevante en los ambientes extremos ya que presentan interesantes capacidades metabólicas que pueden ser consideradas en diferentes aplicaciones y procesos biotecnológicos. Durante los ensayos realizados en el presente trabajo se utilizó, una nueva cepa de arquea termoacidófila del género *Acidianus* (candidata a ser nombrada "*Acidianus copahuensis*") y denominada ALE1, aislada de la región geotermal Cavihue-Copahue. Las redes neuronales artificiales constituyen una herramienta confiable para el modelado de fenómenos no lineales, en particular, el crecimiento microbiano. Generalmente la metodología consiste en encontrar una arquitectura de red óptima que minimice el error de validación de la red y permita realizar estimaciones puntuales confiables del crecimiento microbiano en condiciones no medidas empíricamente. La búsqueda de dicha red se basa generalmente en un proceso de prueba y error, en el que se entrenan diferentes redes hasta hallar la que se considere óptima bajo algún criterio de minimización del error. En este trabajo se propone una metodología para decidir, en base a métodos estadísticos, la mejor red neuronal para modelar el crecimiento de la cepa ALE1. Se relevaron datos de crecimiento (células/ml) en el medio M88 suplementado con tetratiónato de potasio a pH=3, variando la temperatura en un rango de 55 a 80°C y en un intervalo de tiempo entre 0 y 48 horas. Se trabajó con un perceptrón multicapa con una capa oculta y se varió el número de neuronas en dicha capa, desde 1 a 30 incorporando una en cada paso y luego desde 30 a 120 neuronas con un paso de 10 por vez. Para cada arquitectura se realizó el entrenamiento 40 veces, utilizando el algoritmo de Levenberg-Marquard y se registraron los errores de entrenamiento, validación y testeo y el tiempo total de entrenamiento. Se realizó un MANOVA para analizar posibles diferencias entre los errores promedio según la cantidad de neuronas y un Análisis de Componentes Principales agregando la variable Tiempo de Entrenamiento. De este estudio se concluyó que las mejores arquitecturas son las de 9 y 15 neuronas. La decisión sobre cuál red utilizar se realiza de acuerdo a la importancia relativa del tiempo de entrenamiento sobre el número de neuronas. La red seleccionada fue utilizada para predecir el crecimiento celular en condiciones no medidas en laboratorio. Los resultados obtenidos muestran que de todos los ensayos realizados las topologías que mejor se ajustan tuvieron errores inferiores a  $4 \times 10^{-3}$ , cota que se considera altamente satisfactoria.

## **128 RA - ESTUDIO DE DIFERENTES FORMAS DE INCORPORACIÓN DE INULINA A UNA MATRIZ QUESERA**

**PALATNIK, D<sup>(1)</sup>, RINALDONI, N<sup>(1)</sup>, CAMPDERRÓS, M<sup>(1)</sup>, ZARITZKY N<sup>(2)</sup>**

**(1)Facultad de Qca., Bioqca. y Fcia., UNSL, San Luis. INTEQUI - CONICET. Ejército de los Andes 950-(5700) San Luis, Argentina.**

**E-mail: [mcampd@gmail.com](mailto:mcampd@gmail.com)**

**(2) CIDCA (CONICET), Facultad de Cs. Exactas (UNLP) 47 y 116 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.**

### **Resumen**

La inulina es un carbohidrato de reserva que forma parte de la fibra alimentaria y que tiene efecto prebiótico. También se utiliza como reemplazante de grasa en diferentes alimentos. Con el fin de desarrollar quesos bajos en grasa con inulina, se realizaron diferentes pruebas para determinar la mejor forma de incorporar este carbohidrato para alcanzar una buena retención en la matriz del queso. Se empleó leche cruda proveniente de un tambo de San Luis, la cual se desnató por centrifugación. Se añadió 1% de fermento y  $\text{CaCl}_2$  (1g). Después se incorporó 1% de coagulante en polvo y se siguieron las etapas habituales en la elaboración de queso. Se probaron diferentes alternativas para la adición de inulina analizando el contenido del carbohidrato en las muestras por HPLC y la morfología por imágenes de SEM. Las alternativas estudiadas fueron: a) agregado de 125g de inulina en polvo directamente a la leche a partir de la cual se elaboraron los quesos (M1); b) agregado de 37,5g de inulina en polvo a la leche (M2); c) elaboración de un gel de inulina al 30% con un tiempo de calentamiento de 20' (encontrado como el de mejor consistencia) y adicionado luego de la incorporación del cuajo y antes de formada la cuajada (M3) y d) incorporación del gel luego de la etapa de desuerado, mixando y moldeando (M4); Los resultados en porcentajes (p/p) de retención de inulina en las diferentes muestras fueron: M1: 1,04%; M2: 0,65%; M3: 1,8%; M4: 1,3%. Como era de esperar, debido a la hidrosolubilidad de la inulina, las muestra M1 y M2 fueron las que menos porcentaje de retención presentaron, eliminándose el carbohidrato en la etapa de desuerado. Las imágenes de SEM mostraron glóbulos grasos integrados a la matriz proteica y puntos blancos que indican la presencia de inulina en las muestras. Este estudio permitió concluir que es conveniente realizar la formación de un gel de inulina, previo a su incorporación en la matriz del queso, la cual debe realizarse en la etapa de cuajado, para obtener un adecuado enriquecimiento del mismo por la adición de una fuente de fibra dietaria con propiedades prebióticas. Además las micrografías demuestran el efecto texturizante que desempeña la inulina en la microestructura de las muestras. Para optimizar la cantidad de inulina retenida en el queso, se requieren más experiencias variando la concentración y el momento de incorporación del polisacárido de modo que el producto sea una fuente de fibra.

## **129 RA - GALLETAS DULCES LIBRES DE GLUTEN CON AGREGADO DE OKARA**

**OSTERMANN PORCEL, M. V.<sup>(1)</sup>; QUIROGA PANELO, N.<sup>(2)</sup>; RINALDONI, A.N.<sup>(1)</sup>; CAMPDERRÓS, M. E.<sup>(1)</sup>**

**(1) Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis.  
Instituto de Investigaciones en Tecnología Química INTEQUI-CONICET  
Ejército de los Andes 950. Bloque III. San Luis. Argentina  
E-mail: [mcampd@gmail.com](mailto:mcampd@gmail.com)**

**(2) Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de San Luis.  
Ejército de los Andes 950. San Luis. Argentina**

### **Resumen**

En la actualidad, la soja y sus derivados son una fuente de proteínas de relativamente bajo costo y reconocidas por su alto valor nutricional y excelentes propiedades funcionales. Un subproducto obtenido durante la elaboración de leche de soja es el okara denominado también pasta de soja. Es un material de color blanco amarillento, sabor neutro y suave que consiste de la fracción insoluble cuando el grano de soja es sometido a un tratamiento hidro-térmico de trituration, molienda y posterior filtrado. Este residuo generalmente se desecha ocasionando un importante problema ambiental debido a que es altamente susceptible a la putrefacción, por su alto contenido de humedad ( $\approx 80\%$ ). Sin embargo, el okara contiene fibras insolubles, carbohidratos complejos que proporcionan un bajo índice glucémico y por ello es apropiado para diabéticos, proteínas de alta calidad y ácidos grasos poliinsaturados. Además no contiene gluten, por lo que también sería apto para celíacos. A partir de estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar y caracterizar galletas dulces con la incorporación de okara deshidratado. Se realizaron cuatro formulaciones de galletas dulces, donde los únicos ingredientes variables fueron la proporción de harina de mandioca(M) y okara(O) incorporado, los cuales fueron: 100%M-0%O, muestra control(C); 50%M-50%O; 70%M-30%O; 85%M-15%O. Los estudios de composición se realizaron según los métodos oficiales de la AOAC, además se efectuaron estudios colorimetría, microestructura por SEM y análisis sensorial de las galletas desarrolladas. Los resultados obtenidos muestran que el okara está compuesto principalmente por proteínas ( $36\pm 2\%$ ), fibras ( $21,26\pm 1,54\%$ ), grasas ( $15,85\pm 1\%$ ), carbohidratos ( $20,5\pm 1\%$ ) y cenizas ( $2,6\pm 1,8\%$ ). Las galletas presentaron la siguiente composición: proteínas, 5-13% (C=3,26%), fibras 1,5-4,3%(C=0%), grasas 16-22% (C=15,4%), carbohidratos 76-60%(C=81%) y ceniza 0,25-0,8%(C=0,25%).

En cuanto al color de la corteza evaluada a través del espacio CIELAB, se comprobó un oscurecimiento de la misma por la incorporación de okara, así el parámetro  $L^*$  disminuyó ( $p<0,5$ ) y  $a^*$  aumentó ( $p<0,5$ ) con el aumento de okara en la formulación, mientras que  $b^*$  no presenta diferencia estadísticamente significativa entre las muestras, pero sí respecto al control. En cuanto al análisis sensorial, la muestra 50%M-50%O fue la menos aceptada ( $p<0,5$ ), no presentándose diferencias estadísticamente significativas entre las restantes y el C. Los resultados de micrografías no evidenciaron diferencias morfológicas entre las muestras. Las galletas desarrolladas tienen características funcionales con un balance nutricional mejorado por el aumento en el contenido de fibra dietaria y proteína, libres de gluten aportando además, valor agregado a un producto de desecho.

## 130 RA - EXTRACCIÓN DE AGAR DE *Gelidium crinale* DE LA COSTA NOR-PATAGONICA DE ARGENTINA

CROCE, M. E.<sup>1,2</sup>; PARODI, E. R.<sup>2,3</sup>; VILLAR, M. A.<sup>1</sup>

**1. Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.**

**E-mail: [ecroce@criba.edu.ar](mailto:ecroce@criba.edu.ar)**

**2. Instituto Argentino de Oceanografía, IADO (UNS-CONICET), Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.**

**3. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.**

### Resumen

La producción argentina de agar se basa en la utilización como materia prima de macroalgas del género *Gracilaria*, la cual además se complementa con la importación de otras macroalgas. En nuestro país existen poblaciones de *Gelidium*, una macroalga de importancia comercial, sin embargo su utilización para la obtención de agar no se ha investigado. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la extracción de agar por distintos métodos y la composición elemental del agar obtenido de *Gelidium crinale*. La extracción de agar se realizó bajo tres condiciones: tratamiento con ácido y extracción en autoclave (AP); tratamiento con agua destilada y extracción en autoclave (WP); y tratamiento con agua destilada y extracción por hervido (WB). Para caracterizar el agar se cuantificó el contenido de carbono (C) e hidrógeno (H) a través de análisis elemental y el contenido de azufre (S) mediante fluorescencia de rayos X. El contenido de oxígeno (O) se calculó por diferencia. Ambos análisis se realizaron además sobre agar comercial de grado alimenticio (AA) y agar comercial de grado biotecnológico (AB). Para analizar la microestructura de los polímeros obtenidos se realizaron observaciones del material liofilizado mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). La mayor cantidad de agar se obtuvo a través del tratamiento WP. El rendimiento de la extracción con autoclave fue significativamente mayor al de la extracción con hervido. El contenido de C e H del agar extraído varió entre 37,6 y 40,3 % y el contenido de éster sulfato varió entre 0,7 y 1,8 %, valores similares a los ágares comerciales. El porcentaje de C fue mayor en el agar obtenido mediante autoclave, posiblemente asociado a la reducción del contenido de S. La microestructura del agar extraído fue diferente según el tratamiento, en las muestras tratadas con agua destilada el polímero presentó celdas de paredes gruesas mientras que en las muestras tratadas con ácido la microestructura fue irregular y compacta. La extracción bajo presión fue muy efectiva para extraer agar de *G. crinale*. Si bien la utilización de ácido no mejoró el rendimiento permitió reducir el grado de sulfatación. El agar obtenido a través de AP fue similar al agar comercial de grado biotecnológico, mientras que los ágares obtenidos mediante tratamiento con agua destilada fueron similares al agar comercial de grado alimenticio.

## **131 RA - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RICA-RICA (*Acantholippia desertícola*) MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR**

**POHL, G. A.<sup>1</sup>; FREDES. C. P.<sup>1</sup>; LARRAZABAL, M. J.<sup>1</sup> MERCADO, A. V.<sup>2</sup>**

**1. DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA. AVDA. ANGAMOS 601, ANTOFAGASTA, CHILE.**

**E-mail: [Gissel.pohl@hotmail.com](mailto:Gissel.pohl@hotmail.com)**

**2. DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA, FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y RECURSOS BIOLÓGICOS, UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA, CHILE.**

### **Resumen**

La Rica-Rica (*Acantholippia desertícola*) es una hierba nativa aromática que crece en el altiplano chileno. Diversas especies del género de *Acantholippia* han sido usadas en la medicina popular por sus efectos analgésicos y antiinflamatorios. Se evaluó la extracción del aceite esencial de rica-rica, recolectada de la localidad de Toconao, comuna de San Pedro de Atacama, por el método de hidrodestilación por arrastre de vapor (HD). Los factores utilizados en el proceso fueron tiempo (t): 90 min y 120 min, potencia (p): 240W y 420 W y masa (m): 150 gramos y 200 gramos. A los aceites obtenidos se les determinó el rendimiento, color (CieLab), índice de refracción y capacidad antioxidante total expresada como equivalentes de Trolox (FRAP). En conclusión no se observaron efectos significativos entre los factores ni las interacciones de estos sobre ninguna de las variables analizadas. Sin embargo se observa un efecto inversamente proporcional del tiempo y la masa sobre el rendimiento que oscila entre 0,27% a 0,41%. La capacidad antioxidante del aceite varía entre 0,9453 a 2,0781  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , proporcional al tiempo y la potencia e inverso a la masa. El valor de  $L^*$ , relacionado con la luminosidad de las muestras, oscila entre 0,648 y 1,033. Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se encuentran en los tonos amarillos para todas las muestras, con efecto proporcional de tiempo, potencia y masa. El índice de refracción va desde los 1,451 a 1,453 ( $n_{D20}$ ) similares a los índice de refracción del aceite de rosa y eucalipto. El proceso de extracción de aceite de rica-rica a través de HD realizada con 150 gramos de rica-rica y 1000 ml de agua destilada a una potencia de 420 W promueven el rendimiento y la capacidad antioxidante. El tiempo de proceso será definido en función del objetivo de priorizar si es el rendimiento (90 min) o la capacidad antioxidante (120 min). Es interesante evaluar otras propiedades biológicas de los aceites, como la actividad antibacteriana y el efecto de los factores de proceso como también técnicas alternativas como es la hidrodestilación asistida por microondas sobre esta.

**Agradecimientos:** Proyecto semillero “Agricultura sustentable en el desierto”, Universidad de Antofagasta y Proyecto de Tesis de Pregrado “Obtención de aceite esencial de Rica-Rica (*Acantholippia desertícola*) mediante hidrodestilación tradicional (HD) y asistida por microondas (HDMO). Efecto del método de extracción sobre la actividad antimicrobiana”, VRIIP, Universidad de Antofagasta.



## **132 RA - APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS Y ADICIÓN DE FIBRAS DE ORIGEN VEGETAL PARA LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALCHICHAS TIPO VIENA**

**SZERMAN, N<sup>1,2</sup>; ALMADA, C. A.<sup>3</sup>; PANDOLFI, V.<sup>3</sup>; SANOW, L. C.<sup>1</sup>; SANCHO, A. M.<sup>1</sup>; VAUDAGNA, S. R.<sup>1,2</sup>**

**1. Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. De Los Reseros y Las Cabañas S/N, Morón, Buenos Aires. Argentina. E-mail: szerman.natalia@inta.gob.ar**

**2. CONICET. Av. Rivadavia 1917. C.A.B.A. Argentina.**

**3. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7 (6700) Lujan. Buenos Aires, Argentina.**

### **Resumen**

La concentración de sodio de las salchichas tipo Viena, uno de los productos cárnicos cocidos más consumidos, puede superar los 1100 mg% (equivalente a un 2,8%) de NaCl. El alto nivel de consumo de sodio en la población está relacionado con el incremento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. La incorporación de otras sales o aditivos y/o la modificación de procesos de elaboración o la aplicación de nuevas tecnologías que modifiquen la estructura de las proteínas cárnicas permitirían reducir el contenido de Na. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las altas presiones hidrostáticas (APH) y la adición de fibra cítrica como estrategias para reducir el contenido de sodio en salchichas tipo Viena. Se aplicó un diseño factorial (2x2x3), siendo los factores: la concentración de NaCl (0-2%) y de fibra (0-1%) y el nivel de presión (0,1-200-400MPa). Las salchichas se elaboraron con carne vacuna (cuadrada) 60%; tocino 20%; tripolifosfato de sodio 0,125%; eritorbato de sodio 0,05%; nitrito de sodio 0,015%; agua 18,3% y NaCl y fibra según el diseño. La emulsión, realizada en *cutter*, se embutió en tripa celulósica (diámetro 21mm, largo 15cm). Luego de envasarse al vacío, se trataron con APH (5min- 5°C) y se conservaron congeladas hasta su cocción (baño de agua; hasta alcanzar en el centro del producto 75°C). Los parámetros evaluados fueron: pérdida de peso por cocción (PPC), parámetros cromáticos, resistencia al corte (Warner-Braztler) y análisis del perfil de textura. Las salchichas elaboradas con NaCl (2%) y fibra (1%) presentaron aproximadamente un 20% menos de PPC en relación a los otros tratamientos. El tratamiento con APH aumentó la PPC. En salchichas crudas, sin NaCl, el parámetro L\* fue significativamente más alto a 400MPa; mientras que en presencia de sal el efecto de la presión fue menor. Los parámetros a\* y b\* disminuyeron con el incremento de la presión. El parámetro a\* fue más bajo en salchichas con NaCl. En salchichas cocidas, L\* aumentó con la presión, observándose los valores más altos en salchichas con NaCl y fibra. El parámetro a\* disminuyó con la presión y aumentó con la presencia de NaCl. Los valores de resistencia al corte y dureza de salchichas sin NaCl aumentaron al incrementar la presión y la fibra. Sin embargo, este efecto no se observó en salchichas con NaCl, elaboradas con o sin fibra. En este estudio, las salchichas elaboradas con fibra y NaCl fueron las que presentaron los efectos más importantes sobre los parámetros evaluados.

# **133 RA - EVALUACIÓN DEL POTENCIAL POLIFENÓLICO DE UVAS BONARDA DE LA ZONA ESTE DE MENDOZA CON APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN**

**NAVARRO A., LÓPEZ M., ALBORNOZ L., RODRÍGUEZ PLAZA L., POETTA S., BAGETA R., TOMAS M., SILVESTRE D., MERCADO L.**

**Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Mendoza, Argentina. E-mail: [lmmercado@fca.uncu.edu.ar](mailto:lmmercado@fca.uncu.edu.ar)**

## **Resumen**

La variedad de uvas Bonarda tiene un gran potencial enológico, y es la segunda variedad tinta en superficie implantada en Argentina, siguiendo a Malbec. El conocimiento de la composición polifenólica de la uva es importante en la elaboración de los vinos tintos, ya que estos componentes tienen gran incidencia sobre las características sensoriales de los vinos. La caracterización de la materia prima que permita planificar la vinificación o predecir la calidad del producto final requiere muestras representativas de las características reales del cultivo. Teniendo en cuenta la variabilidad de la materia prima en los viñedos, es necesaria la identificación de zonas homogéneas. Además, si la calidad del vino puede ser asociada a caracteres de la uva, la referenciación de cada zona homogénea con las características fisicoquímicas de la uva, permite cumplir con objetivos de calidad en vinos. La agricultura de precisión incluye un grupo de tecnologías que permiten identificar, cuantificar y mapear variabilidad de cultivos a campo. En el presente estudio se utilizaron herramientas sencillas de viticultura de precisión para definir zonas homogéneas en un viñedo de uvas Bonarda de la zona Este de Mendoza. Con esta información se evaluaron las uvas aplicando los conceptos de potencial polifenólico, los cuales se postulan como herramientas que permiten la predicción de las características de los vinos. Se realizó adquisición de imágenes del satélite Landsat 8 y cálculo de valores de NDVI (índice normalizado de vegetación) lo cual permitió definir tres categorías con valores altos, medios y bajos de éste índice. Muestras representativas de las tres categorías se analizaron semanalmente desde post-verano hasta la cosecha, evaluándose pH, acidez total, °Brix, Antocianos totales y extraíbles, índice de polifenoles totales (IPT). Las uvas correspondientes a las tres categorías mostraron valores diferentes en algunas características pero con evoluciones similares en el período evaluado, sólo evidenciándose diferencias notables en IPT en la muestras correspondiente a la cosecha. Esta diferencia se evaluó estadísticamente utilizando MANOVA (análisis multivariante de la varianza), verificándose que existen diferencias significativas entre las medias de las diferentes calidades de uva en la variable IPT, siendo la categoría con valores bajos de NDVI la que presentó mayores valores. Este índice es de amplio uso dada la facilidad de su implementación y su valor informativo respecto de la calidad polifenólica general de la uva. Este resultado plantea la posibilidad de programar la cosecha de manera diferenciada de modo de reflejar estas diferencias en la producción de los correspondientes vinos.

## **134 RA - FORMULACION DE FACTURAS DE PANADERIA ADICIONADAS CON HARINA DE ALGARROBA**

**MALDONADO, V.N.; MORENO,S.M.; CALVO, G.A.; CEREZO, G.M.;  
FERNANDEZ, C.N.del V.**

**Instituto de Tecnología Agroindustrial. Universidad Nacional de La Rioja.  
Parque tecnológico UNLaR- Beccar Varela y Los Tilos - (5300) La Rioja. Argentina  
E-mail: [ita@unlar.edu.ar](mailto:ita@unlar.edu.ar)**

### **Resumen**

El fruto del algarrobo se encuentra entre los alimentos más antiguos utilizados por el hombre debido a que es una excelente fuente de carbohidratos, fibras, minerales y proteínas. En la composición de la algarroba (*prosopis spp*) se destaca la presencia de azúcares que hacen innecesaria la adición de azúcar refinado.( Prokopiuk, 2000).

Debido al interés nutricional de la vaina de algarroba diversos investigadores estudian su incorporación a alimentos masivos como galletas (Escobar,B et al 2009), (Bernardi, C et al 2009), (Macias, S et al 2013) y panes (Zuleta, et al 2012) como opción para la obtención de alimentos de calidad mejorada.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un producto de panificación adicionando a la harina de trigo, harina de algarroba en niveles que permitan un alimento del tipo medialunas, también llamadas croissant, que respondan al art.757 del C.A.A con características organolépticas similares a los productos comerciales de consumo tradicional incrementando el contenido de fibras, hierro y proteínas.

Se diseñaron las medialunas a partir de una formulación constituida por harina de trigo, leche, manteca, azúcar, huevo, esencia de azar y levadura comercial en una relación porcentual: harina de trigo/harina de algarroba 85/15 y 90/10 manteniendo los demás ingredientes constantes.

Se realizo un test de aceptabilidad con una panel de 75 jueces no entrenados de 5 a 12 años con una escala hedónica facial de 7 puntos observándose que un 53% y un 24% de las respuestas para las formulaciones 85/15 y 90/10 respectivamente estuvieron comprendidas entre los puntajes 5 y 7 (Me gusta).

Se comparo el contenido de hierro , fibra y proteína de ambas formulaciones respecto de una receta testigo sin contenido de harina de algarrobo, calculados teóricamente por la National Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2011) dando como resultado un aumento de 0,70 mg/100g a 1,4 mg/100g y 1,8 mg/100g respectivamente del contenido en hierro, un aumento de 0,22 mg/100g a 0,24mg/100g y 0,26mg/100g del contenido en fibra, manteniendo el valor de proteínas sin diferencias significativas.

Las medialunas elaboradas tuvieron buena aceptación sensorial por parte del grupo de consumidores infantiles, por lo tanto se avanza en la firma de un convenio para proveer las facturas en forma semanal a un establecimiento escolar de jornada completa, con el fin de contribuir a mejorar la ingesta diaria de los niños en el contenido de fibras y de hierro total.

## 135 RA - CAMBIOS FISICOQUIMICOS EN MUSCULOS BOVINOS SOMETIDOS AL PROCESO DE LIOFILIZACION.

MESSINA, V.<sup>1,2</sup>; SANCHO, A.<sup>3</sup>; PIENIAZEK, F.<sup>1</sup>; GRIGIONI, G.<sup>2,3</sup>; PAZOS A.<sup>3</sup>; PASCHETTA, F.<sup>3</sup>; CHAMORRO, V.<sup>3</sup>; WALSOE DE RECA, N.<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>CINSO - (CITEDEF), UNIDEF- (Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégico para la Defensa)- CONICET-Ministerio de Defensa. Juan Bautista de la Salle, 4397, Villa Martelli. Argentina

<sup>2</sup>CONICET Rivadavia 1917 (C1033AAJ). CABA Argentina.

<sup>3</sup>INTA CIA Centro de Investigación en Agroindustria Instituto Tecnología de Alimentos De Las Cabañas y De Los Reseros S/N Morón (B1708WAB), CC77, Buenos Aires

E-mail: [vmessina@citedef.gob.ar](mailto:vmessina@citedef.gob.ar)

### Resumen

Los procesos tecnológicos pueden afectar la calidad de un producto alimenticio, generando cambios en sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. La liofilización es un método importante para la conservación de los alimentos, por la estabilidad de la muestra a temperatura ambiente, de fácil reconstitución con agua, reducción de peso y por ser cómoda de manipular. El objetivo de esta investigación fue evaluar cambios en las propiedades fisicoquímicas, color y estructura en tres cortes de músculo bovino: *Semimembranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST) y *Spinalis dorsi* (SD). Las muestras fueron sometidas a cocción (en parrilla eléctrica a temperatura:  $71,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ), luego a liofilización (temperatura de congelación:  $-50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; tiempo de congelación: 24h, temperatura del secado:  $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , vacío: 0,346Pa 48h) y posterior rehidratación (agua potable,  $80^{\circ}\text{C}$  10min). Se determinaron los siguientes parámetros: color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , cromático ( $C^*$ ) y ángulo de hue ( $H^*$ )), pérdida de peso, actividad de agua ( $a_w$ ) y humedad. Se realizaron micrografías electrónicas de barrido (SEM) sobre muestras cocidas, liofilizadas y rehidratadas. Los músculos ST, SM y SD mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) según músculo y tratamiento. Actividad de agua y humedad en las muestras cocidas y rehidratadas no mostraron diferencias significativas entre los músculos estudiados. En el análisis de SEM, las muestras SM y ST cocidas mostraron una estructura organizada con fibras compactadas y sin espacios entre ellas. SM y ST liofilizadas mostraron una estructura desorganizada en comparación con las muestras cocidas, presentando huecos entre las fibras. SD presentó fragmentación en las muestras liofilizadas y rehidratadas. Las miofibrillas se deshidrataron, separaron y fragmentaron. La separación y la fragmentación de las muestras SD podrían deberse a las características musculares. Del análisis surgió que los músculos SM y ST resultaron ser los más adecuados para el proceso de liofilización. Futuros ensayos son necesarios para evaluar otros parámetros involucrados en la calidad del mismo.

# 136 RA - CAPACIDAD ENZIMÁTICA DE TRES POLIGALACTURONASAS PARA LA SOLUBILIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE ORUJO DE MANZANAS Y PERAS DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO

FRANCHI, L.<sup>1,2</sup>; MARZIALETTI, B.<sup>1</sup>; POSE, G.<sup>1,2</sup>; CAVALITTO, S.<sup>3</sup>

1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente - Universidad Nacional de Río Negro. Tacuarí 669 - (8336) Villa Regina, Río Negro – Argentina

E-mail: [mfranchi@unrn.edu.ar](mailto:mfranchi@unrn.edu.ar)

2. CONICET

3. CINDEFI (CONICET – UNLP). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115. (1900) La Plata, Argentina.

## Resumen

Las pectinasas poseen varias aplicaciones en diversas industrias, pero la que más se ha beneficiado es la alimentaria, particularmente la procesadora de frutas y vegetales.

La acción de estas enzimas sobre protopectina permite su aplicación para la extracción de pectina del tejido vegetal, el cual es un aditivo alimenticio altamente usado como gelificante y estabilizante. Los métodos convencionales consisten en una hidrólisis ácida y en caliente, llevando consigo algunos inconvenientes, manejo de altas temperaturas y reactivos corrosivos, que deterioran los equipos y generan contaminación. Por ello, es importante el diseño de tratamientos alternativos.

Se decidió trabajar con tres pectinasas (PGI de *Aspergillus kawachii*, PPasaSE de *Geotrichum klebahnii* y PGzyme de *Apergillus sojae*) con el fin de comprobar su potencial aplicación para la solubilización de pectina a partir de orujo de manzanas y peras del alto valle de Río Negro. Para realizar la evaluación, se compararon los rendimientos de dichas enzimas con los obtenidos por pectinasas comerciales (BA, J1 y J2) y por extracción química. Se realizó la mezcla de orujo de pera (WinterBartlett) y manzana (GrannySmith) con solución buffer y cada enzima diluida correctamente. Luego se agitaron en un shaker a 150 golpes/min durante 6hs a 37°C. La extracción química se efectuó por hidrólisis en medio ácido, con pH final 1,5. A las pectinas obtenidas, se les determinó el grado de esterificación utilizando un método titulométrico. En manzanas PGI, extrajo aproximadamente un 20% más que la extracción química, un 50% más que BA, y un 80% más que J1 y J2. Y en peras un 60% más que BA y que la extracción química, y un 80% más que J1 y J2. PPasaSE extrajo en manzanas aproximadamente un 20% más que BA, y un 70% más que J1 y J2. PGzyme extrajo un 50% más que J1 y J2 en manzanas. Y en peras, estas dos enzimas extrajeron lo mismo que J1 y J2. Se observa que PGI posee mejor capacidad para la extracción de pectina, extrayendo en manzanas un 40% y un 60% más que PPasaSE y PGzyme, respectivamente. Y en peras extrajo un 80% más que ambas enzimas. El grado de esterificación de las pectinas en todos los casos fue de alto metoxilo.

Quedó demostrado que las enzimas estudiadas se comportaron de igual o mejor forma que las comerciales. Mediante su utilización se conseguiría disminuir los costos de los productores ya que actualmente las mismas se importan lo cual se traduce en un mayor gasto productivo.

**137 RA - ANÁLISIS DE LA MACERACIÓN ENZIMÁTICA DE ZAPALLO  
EMPLEANDO PROTOPECTINASA-SE DE *Geotrichum klebahnii* Y Pgzyme de  
*apergillus sojae***

**FRANCHI, L.<sup>1,2</sup>; CESANO, M.<sup>1</sup>; POSE, G.<sup>1,2</sup>; CAVALITTO, S.<sup>3</sup>**

**1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente - Universidad Nacional de Río Negro. Tacuarí 669 - (8336) Villa Regina, Río Negro – Argentina**

**E-mail: [mfranchi@unrn.edu.ar](mailto:mfranchi@unrn.edu.ar)**

**2. CONICET**

**3. CINDEFI (CONICET – UNLP). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115. (1900) La Plata, Argentina.**

**Resumen**

La acción de las pectinasas sobre protopectina permite la maceración de los tejidos vegetales, cuyo objetivo es producir pulpas de frutas y vegetales para ser utilizados como ingredientes en alimentos. La maceración enzimática tiene gran importancia ya que permite la obtención de células independientes que conservan mayormente su integridad, conservando muchos de sus compuestos intracelulares: carotenoides, vitaminas y compuestos fenólicos. Todos poseen beneficios directos sobre la salud. Por el contrario, los procesos de maceración química o mecánica provocan un alto rompimiento celular, lo que implica que las propiedades nutritivas de los tejidos se afectan negativamente.

El objetivo del trabajo fue analizar la maceración enzimática de zapallo empleando Protopectinasa-SE (PPasaSE) de *Geotrichum klebahnii* y PGzyme de *Apergillus sojae*.

En principio se evaluó el efecto de la concentración de las enzimas sobre el proceso de maceración. La técnica consistió en cortar 3 g de los tejidos en cilindros, con un sacabocados a los cuales se agregaron solución buffer y se agitaron en un shaker a 185 golpes/minuto durante 1h a 30°C. Posteriormente se agregó cada enzima diluida convenientemente para lograr una actividad poligalacturonasa en la solución final de 40, 120 y 250U, y se continuó la agitación por 3h. Se separó el tejido no macerado por retención en un tamiz y, el macerado del sobrenadante mediante centrifugación a 5000rpm por 20min. El tejido macerado fue secado en estufa a 60°C hasta peso constante. No se evidenciaron diferencias en los resultados empleando las distintas actividades. Esto se debe a que la enzima se encuentra limitada en superficie por el sustrato macerable. Por lo tanto, para los ensayos posteriores se seguirá usando una cantidad de enzima de 40U.

A continuación, se evaluó la capacidad macerante de ambas enzimas comparando los rendimientos de las mismas con los obtenidos por pectinasas comerciales (BA, J1 y J2).

PPasaSE y PGzyme presentaron muy buenas capacidades macerantes. Con PPasaSE se obtuvo una maceración aproximadamente 45% mayor que con J1, 55% mayor que con J2 y 30% mayor que con BA. Con PGzyme, aproximadamente 15% más que J1 y 25% más que J2. Se observa que PPasaSE posee mejor capacidad macerante, permitiendo obtener aproximadamente un 30% más de tejido macerado que PGzyme. Teniendo en cuenta los resultados, se concluye que es factible la aplicación de estas dos pectinasas en la maceración de tejidos vegetales. Las mismas se comportaron de igual o mejor forma que las comerciales, y su utilización disminuiría los costos productivos ya que actualmente se importan.

**138 RA - MODELADO DEL TRANSPORTE MULTIFÁSICO EN MEDIOS POROSOS PARA SIMULAR EL PROCESO DE SECADO CON MICROONDAS DE ALIMENTOS OSMODESHIDRATADOS: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LOS PERFILES DE TEMPERATURA, CONTENIDO DE AGUA Y PRESIÓN INTERNA**

**ARBALLO, J. R.<sup>1,2</sup>; CAMPAÑONE, L. A.<sup>1,2</sup>; MASCHERONI, R. H.<sup>1,2</sup>**

**1. CIDCA (CONICET-CCT La Plata y Universidad Nacional de La Plata). Calle 47 y 116, La Plata (1900), Argentina. E-mail: [jrarballo@conicet.gov.ar](mailto:jrarballo@conicet.gov.ar)**

**2. MODIAL (Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de La Plata)**

**Resumen**

Con el propósito de ampliar el entendimiento sobre los complejos fenómenos físicos involucrados en el proceso de secado con microondas de alimentos osmodeshidratados es necesario modelar y simular el proceso bajo diferentes condiciones de operación. Los mecanismos de difusión y convección de agua líquida, vapor y aire, de difusión binaria (aire-vapor) de Maxwell Stefan, Ley de Darcy para la elevación de presión interna, la conducción y convección térmica, el cambio de fase líquido-vapor y la compleja interacción de las microondas con el alimento deben ser considerados en la formulación un modelo matemático completo. Mediante el modelado de medios porosos es posible asociar las ecuaciones de transporte de energía, materia y cantidad de movimiento con todos los flujos interactivos termodinámicos. Un modelo completo 3D fue obtenido y simulado, considerando el enfoque de medios porosos, usando el software COMSOL Multiphysics®. El modelo fue validado para peras frescas y osmodeshidratadas durante 2 horas en soluciones de sacarosa de 20, 40 y 60°Brix y luego irradiadas en forma intermitente en un horno de microondas de 1000W durante 4 minutos. El modelo matemático fue exitosamente evaluado, permitiendo la predicción de la evolución de la temperatura, del contenido de agua-líquida, de la producción de vapor y del incremento de presión interna durante el proceso de secado de alimentos osmodeshidratados. De esta manera este trabajo presenta una nueva aplicación del enfoque de medios porosos al procesamiento de alimentos.

**139 RA - ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE POBLACIONES DE *P. Nalgiovense* EN EMBUTIDOS SECOS FERMENTADOS ARTESANALES DE ARGENTINA USANDO MARCADORES SRAP-PCR**

**VILA G.<sup>1</sup>, POSE G.<sup>1,2</sup>, SEGURA J.<sup>2</sup>**

**1-Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)  
Roque Saenz Peña 352 Bernal. Buenos Aires. Argentina. E- mail:  
gvila@uolsinectis.com.ar**

**2-Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Mitre 305. Villa Regina. Río Negro  
Argentina**

**Resumen**

La fuente tradicional de hongos sobre embutidos secos fermentados de elaboración artesanal es la micoflora autóctona. Esta flora particular otorga tipicidad y contribuye al desarrollo de características organolépticas particulares que diferencian a cada embutido según su origen. Los hongos asociados al emplume son de manera predominante, especies del género *Penicillium*, tales como *P. nalgiovense*. En estudios previos hemos realizado una caracterización morfo-fisiológica de los mohos asociados a la elaboración de salamines de las principales regiones productoras del país.

El objetivo del presente trabajo fue utilizar marcadores moleculares SRAP-PCR en el análisis de la diversidad genética de poblaciones de *P. nalgiovense* presentes en la micoflora de embutidos secos fermentados artesanales de las principales zonas productoras de Argentina.

Se analizaron 79 muestras de las localidades de: Colonia Caroya, Oncativo, Tandil, Mercedes y La Pampa. Se obtuvieron 108 aislamientos de *P. nalgiovense* a partir de los cuales se seleccionaron 22 aislamientos. Se cultivaron en Agar Extracto de Malta (MEA) 7 días a 25 °C. Se extrajo el ADN genómico de los micelios (kit DNAeasy Plant Mini, QIAGEN) y se cuantificó con un fluorómetro QUBIT 2.0.

Un total de 16 combinaciones de primers (5 forward y 6 reverse) fueron testeados para evaluar su capacidad de brindar productos de amplificación por SRAP-PCR.

Cada 20 ul de mezcla de reacción consistió en 15 ng de ADN genómico, 200uM dNTPs, 2,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,25 ul de cada primer, buffer PCR 10X y 2,5U de Taq polimerasa. El Termociclador fue programado con 5 ciclos a 94°C por 5 min, 94°C por 1 min, 35°C por 1 min y 72° C por 1 min, luego 35 ciclos finales a 50C con una extensión final de 10 min a 72°C. Los fragmentos resultantes fueron visualizados en geles de agarosa al 1,5% conteniendo Gel Red. Se cuantificaron los datos por medio del Coeficiente de Similitud de Jaccard, y se agruparon por UPGMA (media aritmética no ponderada). Programa NTSyS.

Cuatro combinaciones de primers mostraron amplificación consistente con un total de 10 bandas polimórficas. Si bien se puede determinar un perfil característico para cada región, existe una gran variabilidad genética. El fenograma resultante muestra que los aislamientos se agrupan por región geográfica, correspondiendo el Grupo I a las localidades de Colonia Caroya, Oncativo y Tandil y el Grupo II a las localidades de Mercedes y La Pampa.

Este trabajo constituye la primer aplicación de éste tipo de marcadores para caracterizar poblaciones de *P. nalgiovense*



## 140 RA - CALIDAD DE CUBOS DE PAPAS MINIMAMENTE PROCESADOS

**CEROLI, P.1, CAMPAÑONE, L.2, AGNELLI, M.1.**

**1. INTA, Balcarce. Ruta 226, km 23.(7620), Balcarce, Bs. As., Argentina.**

**E-mail: [agnelli.miriam@inta.gob.ar](mailto:agnelli.miriam@inta.gob.ar)**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

### **Resumen**

La deshidratación osmótica permite reducir levemente la actividad acuosa de productos frescos conduciendo a un producto de alta humedad con una buena calidad organoléptica. Además, posibilita la impregnación de agentes antimicrobianos y antipardeamiento para obtener y mejorar la calidad de productos mínimamente procesados. En este trabajo se analizó la evolución de los parámetros de calidad de cubos de papa con procesamiento mínimo almacenados a 4°C. Dados de papa de 1 cm, variedad Spunta, fueron sumergidos en soluciones de Jarabe de Glucosa (JG) o Sorbitol (SO) (40%), en presencia de cloruro de sodio (5 %), ácido cítrico (0,2%) y ácido ascórbico, (0,5%) a 40°C. Durante la inmersión realizada por espacio de 2 horas, con agitación constante y una relación solución/peso de papa igual a 20, las muestras se deshidratan osmóticamente mientras que sus enzimas son inactivadas por disminución del pH y reducción de los compuestos quinónicos. Los cubos tratados (CT) fueron posteriormente envasados en bolsas de polietileno de baja densidad de 70 µm y almacenados durante 15 días. Durante ese lapso, se determinó cada 5 días el contenido de fenoles totales (FT) y de ácido ascórbico (AA), la actividad de la polifenoloxidasas (PPO), el índice de pardeamiento (IP) y concentración de azúcares reductores (AR). También se efectuaron recuentos de Bacterias Aerobias mesófilas totales (BAMT) y de hongos filamentosos y levaduras (HyL) en muestras del producto fresco y del producto tratado al comienzo y final del periodo de almacenamiento en refrigeración. El contenido de FT y AA aumentaron significativamente luego del tratamiento para luego disminuir durante el almacenamiento hasta llegar a valores similares al del producto fresco. La PPO disminuyó luego del tratamiento respecto a la de muestra control. Las muestras tratadas con SO, mostraron una reducción continua durante el almacenamiento mientras que las tratadas con JG, por el contrario, presentaron un aumento paulatino durante el almacenamiento llegando a un valor máximo a los 10 días a partir del cual se observó una disminución del mismo. El IP de los cubos fue significativamente menor luego del tratamiento osmótico y se mantuvo durante el almacenamiento. A su vez, las muestras tratadas con SO tuvieron menor IP que las tratadas con JG. Los AR aumentaron significativamente en los CT, siendo mayores en los cubos de papas tratados con SO. Esto podría deberse a que el SO al tener menor peso molecular que el JG posee mayor capacidad de penetración en la matriz del alimento. No hubo crecimiento de BAMT ni de HyL en los CT durante el periodo de tiempo estudiado. Se puede concluir que los CT en las condiciones establecidas mantuvieron su calidad luego del tratamiento siendo microbiológicamente aceptables luego del almacenamiento en refrigeración.

## **141 RA - RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA RETARDAR EL DETERIORO DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS MÍNIMAMENTE PROCESADOS**

**VASCO, M. F.<sup>1</sup>; TORRES, M. F.<sup>1</sup>; CAMPAÑONE, L.<sup>2</sup>, AGNELLI, M. E.<sup>3</sup>**

**1. UNMdP Fac. Cs. Agrarias, Balcarce. Argentina.**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

**3. EEA INTA Balcarce, CONICET.**

**E-mail: [agnelli.miriam@inta.gob.ar](mailto:agnelli.miriam@inta.gob.ar)**

### **Resumen**

El uso de recubrimientos comestibles ha demostrado ser muy útil para la preservación de frutas y vegetales mínimamente procesados. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres recubrimientos (almidón de yuca (AY), almidón de maíz (AM) y carboximetilcelulosa (CMC)), para retardar el deterioro de zanahorias y papas mínimamente procesadas. Las zanahorias y papas fueron seleccionadas, peladas y cortadas en rodajas y cubos, respectivamente. Para el caso de los recubrimientos a base de almidones, suspensiones al 5% de AM y 2,5% de AY, fueron gelatinizadas a 85°C, durante 10 minutos. Para el recubrimiento a base de CMC, una dispersión al 0,4% fue calentada a 70°C, para asegurar su disolución. Todas las concentraciones seleccionadas fueron determinadas a través de ensayos previos teniendo como objetivo encontrar una viscosidad aceptable para la formación de la película. Posteriormente, se prepararon las correspondientes emulsiones agregando glicerol, aceite de girasol y Tween 20. Las muestras fueron sumergidas en la emulsión y secadas a 25°C en estufa con convección forzada. Luego, fueron envasadas en bolsas y almacenadas a 4°C durante 14 días. También, se almacenaron muestras sin tratamiento como control (MC). En todos los casos, se determinó la evolución en el tiempo de la pérdida de peso (PP), el aspecto visual y uniformidad del recubrimiento. Para ambos productos hortícolas se observó que las MC presentaron deshidratación superficial, cambio de color y aroma típico con el transcurso de los días. Las muestras recubiertas a base de AM presentaron un aspecto similar a las MC, con resequedad y pérdidas de turgencia y aroma típico, lo cual no fue observado en muestras recubiertas a base de AY y CMC, quienes mostraron un aspecto similar al fresco. La PP inicial debida al tratamiento fue mayor en las muestras con AM y menor en AY, observándose un comportamiento de pérdida de peso intermedio en las recubiertas con CMC. En AM se observó una tendencia similar a las MC, con un aumento significativo de PP registrado hasta el día 3 y manteniéndose luego constante hasta el final del almacenamiento. Todas las muestras mostraron un recubrimiento uniforme. La efectividad del recubrimiento presenta el siguiente orden AY, CMC y AM, siendo este último el menos efectivo.

## **142 RA - EVALUACIÓN DEL POTENCIAL POLIFENÓLICO DE UVAS BONARDA DE LA ZONA ESTE CON APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN**

**NAVARRO A., LÓPEZ M., ALBORNOZ L., RODRÍGUEZ PLAZA L., POETTA S.,  
BAGETA R., TOMAS M., SILVESTRE D., MERCADO L.**

**Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500,  
Chacras de Coria, Mendoza, Argentina. E-mail: [lmmercado@fca.uncu.edu.ar](mailto:lmmercado@fca.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

La variedad de uvas Bonarda tiene un gran potencial enológico, y es la segunda variedad tinta en superficie implantada en Argentina, siguiendo a Malbec. El conocimiento de la composición polifenólica de la uva es importante en la elaboración de los vinos tintos, ya que estos componentes tienen gran incidencia sobre las características sensoriales de los vinos. La caracterización de la materia prima que permita planificar la vinificación o predecir la calidad del producto final requiere muestras representativas de las características reales del cultivo. Teniendo en cuenta la variabilidad de la materia prima en los viñedos, es necesaria la identificación de zonas homogéneas. Además, si la calidad del vino puede ser asociada a caracteres de la uva, la referenciación de cada zona homogénea con las características fisicoquímicas de la uva, permite cumplir con objetivos de calidad en vinos. La agricultura de precisión incluye un grupo de tecnologías que permiten identificar, cuantificar y mapear variabilidad de cultivos a campo. En el presente estudio se utilizaron herramientas sencillas de viticultura de precisión para definir zonas homogéneas en un viñedo de uvas Bonarda de la zona Este de Mendoza. Con esta información se evaluaron las uvas aplicando los conceptos de potencial polifenólico, los cuales se postulan como herramientas que permiten la predicción de las características de los vinos. Se realizó adquisición de imágenes del satélite Landsat 8 y cálculo de valores de NDVI (índice normalizado de vegetación) lo cual permitió definir tres categorías con valores altos, medios y bajos de éste índice. Muestras representativas de las tres categorías se analizaron semanalmente desde post-envero hasta la cosecha, evaluándose pH, acidez total, °Brix, Antocianos totales y extraíbles, índice de polifenoles totales (IPT). Las uvas correspondientes a las tres categorías mostraron valores diferentes en algunas características pero con evoluciones similares en el período evaluado, sólo evidenciándose diferencias notables en IPT en la muestras correspondiente a la cosecha. Esta diferencia se evaluó estadísticamente utilizando MANOVA (análisis multivariante de la varianza), verificándose que existen diferencias significativas entre las medias de las diferentes calidades de uva en la variable IPT, siendo la categoría con valores bajos de NDVI la que presentó mayores valores. Este índice es de amplio uso dada la facilidad de su implementación y su valor informativo respecto de la calidad polifenólica general de la uva. Este resultado plantea la posibilidad de programar la cosecha de manera diferenciada de modo de reflejar estas diferencias en la producción de los correspondientes vinos.

**143 RA - ALMACENAMIENTO DE ANCO DESHIDRATADO  
OSMOTICAMENTE. EFECTO SOBRE EL COLOR, TEXTURA Y  
COMPOSICION DE LA ATMOSFERA**

**KVAPIL, M. F.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, S. C.<sup>1</sup>; QÜESTA, A. G.<sup>1</sup>; MASCHERONI, R. H.<sup>2</sup>**

**1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina**

**E-mail: florykvapil@hotmail.com**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina**

**Resumen**

La vida útil de los vegetales mínimamente procesados es mucho mas baja comparada con el producto entero. Por ello es necesario complementar el procesamiento con tecnologías de barrera, como la atmosfera modificada y la deshidratación osmótica (DO). El objetivo del trabajo fue determinar los cambios de color, textura y la composición de gases de la atmosfera de anco (*Cucurbita moschata*) osmodeshidratado envasado.

Cubos de anco de 1.0 cm de lado se deshidrataron por 3 horas en soluciones de sacarosa de 55°B (1), con el agregado de cloruro de sodio (2), lactato de calcio(3) y ambas sales (4) en una concentración de 2% cada una. Las muestras deshidratadas y sin tratar (0) se envasaron en bandejas de plástico con film PEBD 30µm y se almacenaron a 4°C por 1, 5 y 10 días. En dichos tiempos se determinó índice de color (IC) con los parámetros L, a y b color medidos con colorímetro Minolta. Además se obtuvieron los valores de esfuerzo máximo ( $\sigma_{\text{máx}}$ ) mediante compresión con analizador de textura TA.XT. Plus y también se midieron las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> con analizador de gases portátil ChekPoint.

En cuanto al IC, se observaron los valores más bajos para las muestras sin tratar, ya que los valores de L disminuyen debido a la deshidratación superficial. Esto indica que dichas muestras se encuentran dentro del color amarillo pálido, a diferencia de las muestras osmodeshidratadas que viran hacia naranjas mas intensos. Las muestras 0, 1 y 2 presentaron un aumento de IC con el tiempo de almacenamiento en cambio para 3 y 4 hubo una disminución, variando entre los valores 4.22 y 6.06 al final del almacenamiento.

En las muestras tratadas con calcio (1.05-1.3%), se observó una mayor producción de CO<sub>2</sub> en el día 1, posiblemente por un mayor estrés del vegetal. Al final del almacenamiento se equilibró alrededor de 0.4% para las muestras tratadas y asciende a 3.2% para los cubos sin tratar. Finalmente,  $\sigma_{\text{máx}}$  aumentó de 0.6 a 0.85 MPa para muestras sin tratar y el agregado de calcio permitió incrementar aproximadamente un 60% la firmeza del producto con respecto a las muestras tratadas solo con sacarosa.

Por lo tanto, la DO al principio parece aumentar el metabolismo del vegetal a causa del tratamiento, durante el almacenamiento se logra actividades fisiológicas menores. Además, el agregado de calcio aumenta la firmeza del anco osmodeshidratado pero se obtiene un producto mas claro.

## 144 RA - TEST DE PUNTAJE COMPUESTO PARA LA ELECCIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA ADECUADO EN MUESTRAS DE ANCO

KVAPIL, M. F.<sup>1</sup>; GENEROSO, S. M.<sup>1</sup>; QÜESTA, A. G.<sup>1</sup>; MASCHERONI, R. H.<sup>2</sup>

**1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina**

**E-mail: florykvapil@hotmail.com**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

### Resumen

El test de puntaje compuesto es un test de respuesta objetiva que permite realizar una evaluación comparativa de las muestras en estudio. El puntaje se establece para cada variable o característica de acuerdo a su grado de importancia y la muestra perfecta debería tener un puntaje de 100 puntos.

El objetivo de este trabajo fue aplicar el método de puntaje compuesto para elegir desde el punto de vista subjetivo el tratamiento de deshidratación osmótica (DO) adecuado en muestras de anco mínimamente procesadas.

Para ello, se cortaron cubos de anco (*Cucurbita moschata*) de 1.0 cm de lado y se colocaron en 4 soluciones osmodeshidratantes durante 3 horas: 1) sacarosa 55°Bx, 2) sacarosa 55°Bx-2% NaCl, 3) sacarosa 55°Bx-2% Lactato de calcio y 4) sacarosa 55°Bx-2% NaCl-2% Lactato de calcio. Las muestras fueron envasadas y almacenadas durante 7 y 10 días a 4° C, incluida la muestra testigo 0 (sin tratamiento de DO). Posteriormente se realizó el análisis sensorial con ocho panelistas semientrenados, incluyendo apariencia, olor, sabor y textura. La apariencia se ponderó con un 40%, de lo cuál se evaluó conservación de forma, color y exudado con 10, 10 y 20% respectivamente. El atributo olor representó el 30%, del cuál se evaluó olor típico (10%) y olor a fermentado (20%). Finalmente, el aspecto sabor (20%) y textura bucal (10%) sumaron el 100% del análisis sensorial del producto. Los atributos se expresaron numéricamente en una escala de 1 a 5, donde los valores extremos corresponden al mejor y peor valor del atributo respectivamente, por lo tanto el valor 100 corresponde a la mejor y 500 a la peor muestra.

Luego de 7 días de almacenamiento, se obtuvieron los valores 150, 160, 250, 280 y 310 para las muestras 1, 0, 2, 4 y 3 respectivamente; y al cabo de 10 días de almacenamiento se obtuvieron los valores 180, 210, 270, 350 y 380 para las muestras 0, 1, 2, 3 y 4 respectivamente

De este análisis sensorial se concluye que el tratamiento 1 resulta ser el más adecuado sensorialmente, tanto a los 7 como 10 días, teniendo en cuenta que si bien se evaluó la muestra sin tratamiento, el objetivo es aplicar la DO como método de conservación. Finalmente, es necesario complementar este resultado con un análisis microbiológico para estimar su vida útil y en consecuencia el tratamiento adecuado.

## **145 RA - EFECTO DE SALES EN LA CONSERVACIÓN DE CUBOS DE ANCO DESHIDRATADOS OSMÓTICAMENTE**

**KVAPIL, M. F.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, S. C.<sup>1</sup>; QÜESTA, A. G.<sup>1</sup>; MASCHERONI, R. H.<sup>2</sup>**

**1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina**

**E-mail: florykvapil@hotmail.com**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina**

### **Resumen**

La incorporación de sales puede ejercer un efecto sobre el crecimiento de microorganismos en los alimentos, ya que pueden actuar como conservadores o como depresoras de la actividad de agua.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agregado de sales en la solución osmodeshidratante a través de recuentos microbiológicos.

Para ello, se cortaron cubos de anco de 1.0 cm de lado y se sometió a deshidratación osmótica (DO) por 3 horas en las siguientes soluciones: (1) sacarosa 55 °Bx, (2) sacarosa-NaCl (55 °Bx-2%), (3) sacarosa-Lactato de calcio (55 °Bx-2%) y (4) sacarosa-NaCl-Lactato de calcio (55 °Bx-2%-2%). Luego del tratamiento, se envasaron las muestras en bandejas plásticas, se recubrieron con PEBD de 30 µm de espesor y se almacenaron a 4 °C por 7 y 10 días. Transcurrido estos períodos, se realizaron ensayos microbiológicos: recuento aerobios mesófilos (RAM), recuento aerobios psicrófilos (RAP) y recuento de hongos y levaduras (HyL) por el método de recuento en placa. Se colocaron 10 gr de muestra en 90 ml de solución fisiológica dentro de una bolsa estéril y se homogeneizó la misma en stomacker por 90 s, luego se realizaron diluciones sucesivas y se sembró en profundidad, incubando a 37 °C (RAM y HyL) y 5 °C (RAP) durante 48 h.

A los 7 días se obtuvieron recuentos bajos en todos los tratamientos sin observarse diferencias significativas entre ellos, excepto en la muestra control, esto es anco sin tratamiento de DO, en los que las UFC superaron el límite de aceptación ( $10^6$  UFC/g), tanto en RAM como en HyL. El recuento de RAP se mantuvo en valores muy bajos en todos los casos. En el recuento observado a los 10 días de almacenamiento, si se encontraron diferencias entre los tratamientos. Tanto RAM como RAP superaron el límite de aceptación para las muestras sin tratar y con el tratamiento 1. Luego, para el resto de los tratamientos el recuento estuvo por debajo de  $10^4$  UFC/g; hongos y levaduras se mantuvo en valores bajos para todos los casos.

El estudio indica que la deshidratación osmótica es adecuada para disminuir el desarrollo de microorganismos hasta por 7 días, luego del cuál, las sales agregadas, permitieron retardar el crecimiento optimizando la DO. Por lo tanto, si el objetivo es aumentar la vida útil del zapallo anco mínimamente procesado por más de 7 días, sería conveniente el agregado de alguna o ambas sales estudiadas.

## **46 RA - EFECTO DE LA OXIGENACIÓN EN LA EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE VINOS BLANCOS**

**CÁCERES, C. X.; ORTIZ, E. E.; CÁCERES, R. E.**

**Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín (Oeste) 1109 - (5400) San Juan, San Juan. Argentina.**

**a. E-mail: [xcaceres@unsj.edu.ar](mailto:xcaceres@unsj.edu.ar)**

### **Resumen**

El principal problema presente durante la elaboración de los vinos blancos es la correcta gestión del oxígeno. Un exceso de oxígeno disuelto se traduce en la oxidación del producto; el color amarillo pálido característico de un vino blanco evoluciona a tonalidades doradas intensas o marrones. Esto va acompañado de la pérdida de aroma e incremento de astringencia.

Sin embargo, la levadura precisa oxígeno para la síntesis de ergosterol. El ergosterol está presente en la membrana plasmática de la levadura y juega un papel importante en la tolerancia de ésta al etanol.

El control de las diferentes condiciones de operación durante la fermentación alcohólica es de suma importancia a fin de lograr vinos de calidad. Durante la fermentación, diferentes parámetros se ven afectados por la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto, la adición de nutrientes, etc.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la influencia del agregado de oxígeno en diferentes etapas de fermentación en vinos blancos. La influencia del agregado de oxígeno se evalúa sobre el color, acidez total y acidez volátil de los vinos.

Las fermentaciones se desarrollaron utilizando mostos de uva Cereza. En el año 2013, la uva cereza representaba el 18,8% de los 27.860.566 quintales de uvas destinadas para la producción de vinos y mostos en Argentina.

La temperatura se controla entre 19°C y 21°C y la adición de oxígeno se realiza en dos momentos importantes del proceso de elaboración: antes del agregado de levadura (F1) y durante la fermentación alcohólica cuando ya se han consumido la mitad azúcares reductores totales presentes en el mosto (F2).

La acidez total se cuantifica por titulación con solución 0.1 N de NaOH, utilizando azul de bromotimol como indicador. La acidez volátil se determina por el método de Jaulmes. La absorbancia a 420 nm y el método MSCV (Método Simplificado para el Color en Vinos) se utilizan para evaluar el color de las muestras.

Las curvas de absorbancias a 420 nm fueron muy similares para la fermentación testigo (F3) y F2. La curva para F1, muestra el mismo comportamiento que la de F2 y F3 hasta el tercer día de fermentación; a partir de ese momento los valores de absorbancia disminuyen suavemente en comparación con las de estos últimos. Si bien durante el proceso fermentativo los tres fermentadores presentan diferencias en los perfiles de Abs. a 420 nm, hacia el final de la fermentación éstos tienden prácticamente a un mismo valor.

## **147 RA - OPTIMIZACION DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN DE ALBÚMINA SÉRICA BOVINA**

**LOPEZ, R.; GONZALEZ, U.; FERRARIS, M.; MENENDEZ, C.**

**Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis.  
Instituto de Investigaciones en Tecnología Química (INTEQUI- CONICET).  
Ej. de los Andes 950 – (5700) San Luis, Argentina.  
E-mail: [ulisesagonzalez@gmail.com](mailto:ulisesagonzalez@gmail.com)**

### **Resumen**

La liofilización es el método más comúnmente utilizado para deshidratar proteínas, fármacos y alimentos, otorgándole estabilidad a largo plazo. Sin embargo la congelación y la deshidratación pueden conducir a la desnaturalización proteica. La estructura y la forma del producto, así como la velocidad de sublimación, dependen del proceso de congelación. La congelación es uno de los pasos más críticos del proceso de liofilización. Un parámetro importante que debe ser definido durante la congelación es la velocidad de la misma. Cabe destacar que la liofilización no se puede considerar un proceso inofensivo, requiere el control total y el conocimiento de todos los pasos involucrados. La albumina sérica bovina (BSA) es una proteína ampliamente utilizada en la industria del diagnóstico. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las condiciones óptimas de modo de congelación, espesor de la solución y concentración de la solución de BSA que permitan obtener una proteína con la humedad especificada comercialmente, evitando la desnaturalización y en el menor tiempo posible. La liofilización se llevó a cabo hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se utilizaron muestras al 7,5; 10 y 15 % (p/v) de BSA. Las muestras se congelaron a diferentes intervalos de congelación (-40; -20/-40; y -4/-20/-40 °C) y en espesores de 0,7; 1 y 1,2 mm. Todas las muestras fueron liofilizadas en las mismas condiciones. Se determinó humedad por diferencia de peso, solubilidad y se realizaron geles de PAGE-Nativo. Los resultados indicaron que los tiempos de liofilizado fueron proporcional al espesor de la muestra. El modo de congelamiento influye inversamente proporcional a los tiempos de liofilización solamente en las soluciones del 20%(p/v), a las otras concentraciones utilizadas no se observaron diferencias. La humedad fue < 3% (p/p) cuando se trabajó a una concentración del 20%(p/v) de BSA, a las concentraciones menores se encontraron valores de hasta un 7%(p/p). Todas las muestras liofilizadas presentaron una solubilidad total al disolverlas al 0,5%(p/v). Los geles de PAGE-Nativo solo mostraron una banda con la misma movilidad electroforética que la del patrón. Las conclusiones a las que se arribó fueron que la velocidad de liofilización depende directamente del espesor de la muestra en todos los casos e inversamente del tiempo de congelación solamente en las soluciones del 20%(p/v) de BSA. Las condiciones de liofilización fueron adecuadas para las soluciones del 20% (p/v) pero no para las más diluidas ya que presentan una elevada humedad. No se encontraron signos de desnaturalización proteica en ninguna de las condiciones de secado estudiadas.



## 148 RA - CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL MACROLIGANDO CÉLULA-CIBACRON BLUE PARA LA SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS

FERRARIS, M.; GONZALEZ, U.; RODRÍGUEZ, J.

Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis. Av. Ejército de los Andes 950-(5700) San Luis. Argentina.  
E-mail: [ferraris@unsl.edu.ar](mailto:ferraris@unsl.edu.ar)

### Resumen

El presente trabajo está orientado al desarrollo de macroligandos de afinidad para el aislamiento de proteínas de interés comercial y de investigación, analizando su utilización en sistemas de *filtración de afinidad* con membranas. Se realizó un estudio cuantitativo de la adsorción por afinidad de Albúmina Sérica Bovina (BSA) y Lisozima (Lis) al macroligando Célula-Cibacron para caracterizar, mediante la determinación de parámetros cinéticos y termodinámicos, la eficiencia del adsorbente obtenido. Se modificó químicamente la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* con etanol y temperatura. Se inmovilizó por unión covalente el ligando Cibacron Blue a la superficie de la célula por reacción química. La cantidad del ligando acoplado se determinó por espectrofotometría a 610nm, previa hidrólisis ácida y temperatura. Se estudió las propiedades físico-químicas del macroligando por microscopía electrónica de barrido. Los experimentos de adsorción de Lisozima y BSA en el equilibrio fueron llevados a cabo en modo batch, el macroligando de afinidad fue caracterizado funcionalmente mediante determinación de la capacidad de adsorción ( $q_m$ ) y constante de afinidad ( $K_d$ ) en el equilibrio a través de isothermas de adsorción (Langmuir y Freundlich). Se estudió la influencia del pH y la temperatura en el proceso de adsorción. La adsorción en el equilibrio de Lis al macroligando fue descripta por el modelo de Langmuir ( $q_m = 315$  mg /g de adsorbente;  $K_d = 7,8 \cdot 10^{-6}$  M) y para BSA fue descripta por el modelo de Freundlich ( $q_m = 59$  mg/g adsorbente;  $K_d = 5,82 \cdot 10^{-5}$  M). Con Lis se obtuvo mejores resultados de capacidad de adsorción y afinidad. La aplicación de la *filtración de afinidad* como tecnología separativa requiere de un macroligando con suficiente capacidad y selectividad para adsorber, de manera reversible, una proteína blanco a partir de una mezcla proveniente de un homogenato. La mayor adsorción de Lis sobre el macroligando se logra a pH 8 y para BSA a pH 5. La adsorción de Lis al macroligando mostró un aumento de la constante de afinidad con el aumento de temperatura por lo que la interacción hidrofóbica es la fuerza de unión predominante en la formación del complejo Cel-Cib-Lis. La limitante de la velocidad de adsorción en el sistema Cel-Cib-BSA es la capa líquida límite que rodea la partícula, mientras que la cinética de adsorción de Lis al macroligando se describe por un modelo de reacción de pseudo-segundo orden. De acuerdo a los resultados de cinética se podría estimar en dos horas el tiempo de contacto entre la proteína y el macroligando en un proceso separativo a mayor escala.

## **150 RA - CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CERVEZA PILSEN TIPO ALE: COMPARACIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces* Y *Brettanomyces***

**GIMÉNEZ, A; CIKLIC, I.\*<sup>2</sup>; OYARCE S., CORONADO I.; TAPIA O .\*<sup>1</sup>;  
ENRIQUEZ, V.**

**\*<sup>1</sup> Cátedra de Bromatología. Departamento de Ciencias Enológicas y  
Agroalimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo  
[agimenez@fca.uncu.edu.ar](mailto:agimenez@fca.uncu.edu.ar)**

**\*<sup>2</sup> Laboratorio de Biotecnología INTA EEA Mendoza**

### **Resumen**

La cerveza Pilsen, es una cerveza de color dorado pálido, cuerpo moderado, delicado sabor y aroma a lúpulo fresco y a esteres frutales. Posee un ligero sabor a malta tostada, amargor balanceado, buena espuma y una graduación alcohólica de 5%. En la última década, los cerveceros caseros y profesionales han sido atraídos por las características que la levadura *Brettanomyces* puede aportar a través de la fermentación .

Objetivo: comparación de la cinética de fermentación de dos cepas de levaduras *Sacharomyces* ambas industriales siendo una típica cervecera y otra de industria enológica y dos *Brettanomyces* seleccionadas en el Laboratorio de Biotecnología del INTA, siendo una salvaje y otra mutante sin capacidad de sintetizar fenoles.

Metodología: Obtención del 34 l demosto primitivo a partir de 8 kg de malta Pilsen. Se utilizó agua de composición mineral conocida.

Maceración durante 90 minutos a temperatura escalar de 60°C hasta 70°C. Comprobación de final con test de Iodo, estabilización de lectura refractométrica y densimétrica.

Cocción una hora en ebullición. Lupulado de 0,75 g/l. Fermentación a 18°C, en recipientes de 2,25 litros con tapones de algodón. Se realizaron 4 tratamientos con 2 repeticiones cada uno. Tratamiento 1: dos repeticiones con inóculo de levadura cervecera Windsor en dosis de 0,25 g/l. Tratamiento 2: dos repeticiones con inóculo de la levadura vínica VL23 en dosis de 0,25 g/l. Tratamiento 3: dos repeticiones con inóculo de levadura líquida del género mutante de *Brettanomyces* (MUT) a densidad de 2,5 cél/ml de mosto. Tratamiento 4: dos repeticiones con inóculo de levadura líquida de un género de *Brettanomyces* salvaje (CH-29) a densidad de 2,5 cél/ml de mosto.

La marcha de la fermentación se controló por pérdida de peso de los fermentadores.

Resultados: datos analíticos del mosto primitivo: densidad: 1,035; ° Brix: 9; pH: 6,55;

Cinética de fermentación la energía fermentativa fue significativamente distinta entre *saccharomyces* y *brettanomyces*, siendo las primeras el doble de rápidas, culminando a los 7 días la fermentación mientras que *brettanomyces* demoró 13 días.

En relación al poder fermentativo fue mayor y similar entre las dos cepas de *saccharomyces* y la de menos poder fermentativo resultó ser *brettanomyces* salvaje.

# **151 RA - ESTABILIZACIÓN DE GALATO DE EPIGALOCATEQUINA EXTRAÍDO DE TÉ VERDE POR ENCAPSULACIÓN EN BETA- CICLODEXTRINA**

**ISTENIC, K.<sup>1</sup>; DOS SANTOS FERREIRA, C.<sup>2</sup>; MAZZOBRE M.F.<sup>2,3</sup>; POKLAR  
ULRIH N.<sup>1</sup>; MIHAELA, S.<sup>1</sup>. AND BUERA M.P.<sup>2,3</sup>**

**1. Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana.**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.  
Argentina**

**2. CONICET. Argentina.**

**E-mail: [fmazzobre@yahoo.com](mailto:fmazzobre@yahoo.com) o [crisf02@hotmail.com](mailto:crisf02@hotmail.com)**

## **Resumen**

Las ciclodextrinas (CDs) son oligosacáridos cíclicos que debido a su estructura espacial con una cavidad interna hidrofóbica y una parte externa hidrofílica, son capaces de encapsular moléculas polares y no polares. La encapsulación en CDs permite aumentar la solubilidad acuosa, proteger de la oxidación, degradación o volatilización a los ligandos. El galato de epigallocatequina (EGCG), la catequina más abundante en té verde (*Camellia sinensis*), posee acción antioxidante, antimicrobiana, cardioprotectora y anticarcinogénica. Su utilización como aditivo en alimentos se ve restringida por su inestabilidad en soluciones acuosas de pH alcalino y a elevadas temperaturas.

El objetivo de este trabajo fue encapsular EGCG en  $\beta$ -ciclodextrina (BCD) con el fin de aumentar su estabilidad tanto en solución acuosa como en estado sólido. Los complejos de inclusión se prepararon por el método de coprecipitación y liofilización. La formación de los complejos se confirmó por calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía IR (FT-IR) y microscopía electrónica de barrido (SEM). La estabilidad de la EGCG a diferentes pH y temperaturas se estudió por fotocolorimetría, HPLC, DSC y evaluando la actividad antirradicalaria a través del ensayo de degradación del radical DPPH.

La EGCG se encapsuló en un 93% cuando la relación molar BCD:EGCG fue 1:3, 24 hs de agitación y pH 5,50. La capacidad antioxidante (DPPH degradado en 30 minutos) en los sistemas BCD:EGCG 1:1 y 1:3 fue 15% y 40% menor respectivamente, que en el control de EGCG sin BCD. El ligando encapsulado no degradó el DPPH y la encapsulación en solución dependió de la relación BCD:ligando.

La estabilidad térmica de la EGCG en sistemas combinados EGCG: BCD liofilizados se ensayó calentando a 50 ° C durante 24hs en vacío. En los sistemas combinados se logró liberar el ligando, pero a diferencia de la EGCG sin BCD, no se degradó.

A través de la variación de las coordenadas CIELAB (L\*, a\* y b\*) se comprobó el efecto inhibitorio de la aparición de los productos pardos de degradación de EGCG en presencia de BCD en solución y durante el liofilizado.

El análisis de las imágenes SEM mostró que la presencia de la EGCG modifica la cristalinidad de la BCD.

En este trabajo se comprobó que la BCD puede encapsular EGCG y previene su degradación en solución o en productos sólidos.

**ÁREA INGENIERÍA QUÍMICA,  
PETROQUÍMICA Y  
MINERALURGÍA  
RESÚMENES**

## **01 RQ- ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD TÉRMICA DEL POLI (3-HIDROXIBUTIRATO), PHB**

**LÓPEZ, O.<sup>1</sup>; CASTILLO, L.<sup>1</sup>; GARCÍA, M.A.<sup>2</sup>; BARBOSA, S.E.<sup>1</sup>; VILLAR, M.A.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química (UNS). Camino La Carrindanga Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: olivialopez@plapiqui.edu.ar**

**<sup>2</sup>Centro de Investigación en Criotecnología de Alimentos, CIDCA (UNLP-CONICET), 47 y 116, (1900) La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

Los biopolímeros obtenidos a partir de recursos naturales renovables se caracterizan por su carácter biodegradable e inocuidad siendo éstas las principales ventajas frente a materiales sintéticos de origen petroquímico. Actualmente, se producen gran variedad de biopolímeros destinados a diferentes campos de aplicación. Dentro de esta clase de materiales producidos y comercializados en el mundo se encuentran los poli-hidroxialcanoatos (PHA)s. Esta familia de biopolímeros comprende al poli(3-hidroxi-butirato) - PHB, el poli(3-hidroxivalerato) - PHV, entre otros. Una de las características más relevante de estos materiales es la posibilidad de que puedan ser procesados de igual forma que los polímeros sintéticos. El objetivo de este trabajo consiste en el estudio estructural y térmico de un poli(3-hidroxibutirato) comercial con el propósito de determinar las condiciones óptimas de procesamiento de este biopolímero.

La morfología del PHB se estudió mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). La determinación de la estructura química se realizó a través de Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y las propiedades térmicas y el grado de cristalinidad del biopolímero se estudiaron mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). La estabilidad térmica se evaluó a través de un Análisis Termogravimétrico (TGA) para determinar los rangos de temperaturas de degradación. Las muestras se calentaron en atmósfera de oxígeno desde temperatura ambiente hasta 700 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min en una balanza termogravimétrica TA Instruments.

Las micrografías SEM evidenciaron la presencia de gránulos de morfología poliédrica con un tamaño promedio de 1,5 mm. Además, se observó cierta rugosidad superficial que podría atribuirse al grado de cristalinidad del PHB. Mediante FTIR se detectaron las bandas características asociadas a los grupos funcionales presentes en el biopolímero. A partir del estudio calorimétrico, se determinó que la temperatura de fusión del PHB se encuentra alrededor de 183 °C y el grado de cristalinidad del material estudiado fue de 56 %. Por otra parte, el análisis termogravimétrico reveló que la temperatura de degradación de este biopolímero es de 262 °C. Los resultados obtenidos muestran que el procesamiento del PHB se encuentra acotado, a diferencia de los polímeros sintéticos, a un estrecho rango de temperaturas. A pesar de esta restricción operativa, este polímero resulta interesante dado su carácter biodegradable, origen renovable y propiedades mecánicas comparables a las de los materiales poliméricos derivados del petróleo como el polipropileno.

## **02 RQ- ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SÍNTESIS DE CARBONES ACTIVADOS MAGNÉTICOS**

**RUIZ, S.V.; GRANADOS, D.L.; VENTURINI, R.B.; AGUILAR, E.W.; SILVA, H.S.**

**Instituto de Ingeniería Química- Facultad de Ingeniería – Univ. Nac. de San Juan- Av. Libertador San Martín (Oeste) 1109- 5400 San Juan, Argentina**  
**E-mail: [hsilva@unsj.edu.ar](mailto:hsilva@unsj.edu.ar)**

### **Resumen**

Los materiales que contienen nanoimanes han mostrado un gran potencial en aplicaciones tecnológicas avanzadas debido a sus propiedades excepcionales. Son de especial interés aquéllos que exhiben un comportamiento superparamagnético a temperatura ambiente.

En particular los materiales compuestos de gran superficie específica y porosidad accesible serían un avance significativo para mejorar o extender la aplicabilidad de la técnica de separación magnética en diferentes campos tales como biomedicina, catálisis, tratamiento de aguas residuales, etc.

Los carbones activados magnéticos son materiales que tienen alta eficiencia para la captación de moléculas de interés presentes en soluciones diluidas. Se preparan dispersando partículas con propiedades magnéticas sobre carbón activado. Estos productos tienen una alta capacidad de adsorción para una variedad de compuestos tales como metales pesados y sustancias orgánicas en agua, y en la extracción de complejos de oro de soluciones de lixiviación.

Usando un sistema basado en la captación de las partículas por un campo magnético, los sólidos se separan rápidamente de la corriente líquida compitiendo con ventaja respecto de la filtración.

En este trabajo se sintetizaron materiales sólidos compuestos del tipo [carbón activado/óxidos de hierro] que combinan las propiedades adsorbentes del carbón activado con las propiedades magnéticas de los óxidos de hierro.

Los carbones activados se prepararon a partir de residuos industriales, lo que permite su valorización y simultáneamente dar una solución al problema de su destino final.

Se ensayaron distintos métodos para introducir la fase magnética sobre un carbón activado comercial y uno de ellos se probó con un carbón activado obtenido a partir de cáscara de coco, con el objeto de determinar la influencia de la materia prima en las propiedades del producto final.

Las variaciones en las propiedades texturales del sólido poroso debidas a la introducción de la fase magnética se evaluaron mediante ensayos de adsorción de nitrógeno a 77K. La identificación de la fase magnética se realizó por difracción de rayos X, la dispersión de la fase magnética sobre la matriz carbonosa se analizó por microscopía electrónica de barrido y el comportamiento de los sólidos compuestos frente a un campo magnético externo variable, a partir de las curvas de magnetización (ciclo de histéresis).

## **03 RQ- PROPUESTA DE UN NUEVO PRECIPITANTE PARA LA SEPARACIÓN DE CALCIO, MAGNESIO Y LITIO DESDE UNA SALMUERA DE LITIO**

**DOMÍNGUEZ, O. J.<sup>1,2,3</sup>; BONINI, M.<sup>3</sup>; VILLAGRAN, P.D.<sup>4</sup>; SERRANO, E. M.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 - (4400) Salta. Argentina. E-mail: [orlando@unsa.edu.ar](mailto:orlando@unsa.edu.ar)**

**2. Consejo de Investigación Universidad Nacional de Salta. CIUNSa**

**3. Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI) Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.**

**4. Departamento Técnico Científico – Cuerpo de Investigaciones Fiscales – Ministerio Público de Salta.**

### **Resumen**

En la puna sudamericana, compartida por los países de Argentina, Bolivia y Chile, se concentra la mayor reserva del mundo de litio. Estas reservas se encuentran distribuidas, fundamentalmente en los salares de: Hombre Muerto, Uyuni y Atacama respectivamente. La cultura ecológica actual, en lo que respecta a la preservación del medio ambiente, impulsa la tendencia industrial, a la producción del litio, para sus usos como material estratégico y como fuente de almacenamiento de energía por medio de la fabricación de baterías de litio. La industrialización actual de litio desde salmueras, se basa en la obtención del carbonato de litio. Su obtención industrial se logra por precipitación, previa eliminación de iones calcio y magnesio en sus salmueras, ya que interfieren en la precipitación del litio. Numerosos estudios de los Salares de la Puna revelan que las salmueras provenientes de distintos salares tienen diferentes contenidos de iones de litio, en promedio la misma oscila entre 400 y 1200 ppm. Para este estudio se trabajó con salmuera proveniente del Salar de Pozuelo cuya composición determinada por absorción atómica determinó la presencia de los cationes de Li, Ca, Mg, K y Na en concentraciones de 665, 1.599, 2.322, 5.978 y 11.8997 en ppm respectivamente. La producción clásica de litio desde salmueras, se realiza por eliminación sucesiva de los iones Ca y Mg, a través del aumento del pH por la dosificación de óxido de calcio, produciendo la precipitación de estos iones como hidróxidos. La alternativa propuesta, consiste en el cambio del reactivo óxido de calcio por el carbonato de sodio para que se precipite y separe sucesivamente estos iones como carbonatos. De esta manera el carbonato de sodio disuelto como reactivo, permitirá lograr una precipitación fraccionada, en cantidad correspondiente para que alcance el Kps, primero del carbonato de calcio, posteriormente de carbonato de magnesio y finalmente el producto principal el carbonato de litio. La propuesta se fundamenta en la alta diferencia de Kps de estos distintos carbonatos. La separación será posible debido a que en la precipitación fraccionada, la diferencia entre los Kps, tienen valores teóricos de  $4,8 \times 10^{-9}$ ;  $4,0 \times 10^{-5}$  y finalmente  $1,7 \times 10^{-3}$  de carbonatos de calcio, magnesio y litio respectivamente. El experimento se llevó a cabo agregando una solución saturada de carbonato de sodio a medio litro de salmuera, por lo que se alcanzó rápidamente el Kps de carbonato de calcio, este se separó de la salmuera por decantación debido a que su velocidad de sedimentación es apreciable. El carbonato de magnesio por sus características físico químicas y por su facilidad para filtrar, se separó por filtración, quedando una solución de sodio y potasio saturada, iones que no interfieren en la precipitación del carbonato de litio, debido a su solubilidad. Una vez separado el carbonato de litio, la salmuera agotada en litio, en el caso de no ser reutilizadas las soluciones de sodio y potasio, puede ser reinyecta en napas que actúan de reservorio. Esta propuesta además, permite la obtención de carbonato de calcio precipitado (CCP) con su correspondiente valor agregado como subproducto, al igual que el carbonato de magnesio que puede ser usado en la industria como materia prima para la producción de aislantes térmicos. El óxido de calcio es un reactivo más económico que el carbonato de sodio, este último es un insumo que suele producirse en yacimiento, con lo que no representa costo de transporte y por lo que solo se debería escalar la producción existente en planta. Si bien el justificativo teórico es el clásico de la precipitación fraccionada, su implementación lleva aparejada sus limitaciones tecnológicas. Siendo la principal la homogeneidad del precipitante, solución de carbonato de sodio, en el seno de la salmuera, que se ve favorecida por dos variables. La primera la baja velocidad de agregado del precipitante y segunda la agitación de la salmuera.

## **04 RQ - ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE MUESTRAS DE CARBÓN ACTIVADO PREPARADO A DISTINTAS TEMPERATURAS DE CARBONIZACIÓN Y DE SU PERFORMANCE EN PROCESOS DE ADSORCIÓN**

**BERALDI, A. M.<sup>1</sup>; AIELLO, G. A.<sup>1</sup>; ARLIA, M. A.<sup>1</sup>; BONELLI, P. R.<sup>2</sup>; CUKIERMAN, A.L.<sup>2</sup>; de CELIS J.P.<sup>1</sup>; APHESTEGUY, J.C.<sup>3</sup>**

**1. UDB Química, Facultad Regional Avellaneda, UTN. Ramón Franco 5050 (1874). Villa Domínico, Avellaneda. Buenos Aires. Argentina.**

**E-mail: jpdecelis@gmail.com; jdecelis@fi.uba.ar**

**2. Programa de Investigación y Desarrollo de Fuentes Alternativas de Materias Primas y Energía (PINMATE) - Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA. Pabellón de Industrias. Intendente Güiraldes 2620. Ciudad Universitaria (C1428BGA) Buenos Aires. Argentina.**

**3. LAFMACEL, Facultad de Ingeniería. UBA. Paseo Colón 850 (C1063EHA) Buenos Aires. Argentina.**

### **Resumen**

La adsorción con carbón activado constituye una tecnología probadamente efectiva para el tratamiento terciario de aguas contaminadas en gran escala. En los últimos años, su demanda se ha incrementado considerablemente con este propósito. Como consecuencia, se ha suscitado un renovado interés en el desarrollo de carbones activados con alta capacidad de remoción de contaminantes, a partir de nuevos precursores, económicos, renovables y de segura disponibilidad. En el presente trabajo, se desarrollan muestras de carbón activado a partir de cáscara de maní. El precursor lignocelulósico empleado proviene de los deshechos producidos por una fuente comercial del mercado alimenticio. Existen dos vías para la producción de carbón activado, la física y la química. Eligiendo la vía química, utilizando ácido ortofosfórico como agente activante y atmósfera autogenerada, se preparan muestras a distintas temperaturas de carbonización y se evalúan las propiedades texturales y morfológicas de las muestras carbonosas obtenidas. Los resultados obtenidos muestran que la estructura porosa comienza a desarrollarse en forma significativa a partir de 350°C, exhibiendo una estructura con características predominantemente microporosa. Luego, para las muestras llevadas a cabo a temperaturas de carbonización superiores se puede apreciar el desarrollo de mesoporos, probablemente a costa de una disminución de los microporos. Además, se llevaron a cabo experiencias de adsorción de Cr(VI) empleando el carbón activado desarrollado a 450°C. Se observó un excelente desempeño para soluciones acuosas modelo de concentraciones de 20 ppm de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y 50 ppm de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.



## **05 RQ - SÍNTESIS DE UNA RESINA DE INTERCAMBIO IÓNICO Y EVALUACIÓN DE SU EFICIENCIA COMO MÉTODO DE PRECONCENTRACIÓN Y ESPECIACIÓN DE CROMO**

**ROSSI, E.; ERREA, M. I., NICOLA, E.; ANTONELLI, A.; BORGNINO, S.; KABAS, F.; STRIPEIKIS, J.**

**Centro de Ingeniería en Medio Ambiente (CIMA). Departamento de Ingeniería  
Química. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Av. Eduardo Madero 399- (Félix de  
Azara 1552 - (C1106ACD) CABA. Argentina  
E-mail: [merrea@itba.edu.ar](mailto:merrea@itba.edu.ar)**

### **Resumen**

En medios acuosos el cromo (VI) se encuentra como anión y es un potente cancerígeno mientras que el cromo (III) se encuentra en forma de catión y es un micronutriente que interviene en el metabolismo de los mamíferos.

La diferencia de toxicidad entre el Cr (VI) y el Cr (III) hace necesario el desarrollo de métodos de especiación de este metal.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es la síntesis de una resina de intercambio iónico y la evaluación de su uso como método de preconcentración y especiación de cromo en soluciones acuosas. El intercambiador se obtuvo por reacción de poli(cloruro de vinilbencilo) comercial (Aldrich, grado de entrecruzamiento 1%, tamaño de partícula 149-297  $\mu\text{m}$ , **PM** 10245, 2,5-4 mmol Cl/g), con *N*-metil-D-glucamina (12 mmol/g de resina), en un medio de dioxano/agua (10:1) a reflujo durante 30 horas.

El contenido de nitrógeno del producto final (1,83 %) se determinó por microanálisis (Analizador elemental Exeter CE-440).

Previo a su utilización el intercambiador se acondicionó por tratamiento con HCl 1M.

La columna se rellenó con 190 mg del intercambiador sintetizado y se le hicieron pasar 100 mL de solución acuosa estándar de dicromato de potasio (Cr (VI)). Se eluyó con una solución acuosa de ácido nítrico (5%). Con el mismo sistema operativo y condiciones utilizadas para Cr (VI), se hizo pasar por la columna 100 mL de una solución de Cr (III). Los resultados obtenidos mostraron una alta selectividad para la retención de los iones de Cr (VI) respecto de los de Cr (III), circunstancia que hace promisoria la utilización del material para estudios de especiación de cromo en agua.

Por otra parte, cuando la determinación directa de la concentración de un elemento no es posible (tal cual sucede en el análisis de vestigios metálicos en aguas naturales), las muestras deben ser sometidas a un pretratamiento para separar la matriz interferente y/o preconcentrar el elemento a cuantificar. En este contexto, se realizaron estudios de preconcentración de soluciones acuosas de Cr (VI) utilizando a tal efecto un sistema de inyección en flujo (FIA). Los resultados obtenidos bajo diferentes variables operativas mostraron en todos los casos muy buenos porcentajes de recuperación.

Los valores de los factores de recuperación obtenidos no se vieron significativamente afectados cuando la muestra se concentró un orden de magnitud, por lo que se abren interesantes perspectivas para la utilización de la metodología en el campo del análisis de ultravestigios.

## **06 RQ - INFLUENCIA DE LA MATERIA PRIMA SOBRE EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ÁCIDO BÓRICO**

**FLORES, H. R.<sup>1,2</sup>; MATTENELLA, L. E.<sup>1,2</sup>; KWOK, L. H.<sup>3</sup>; RIVEROS, A. N.<sup>1</sup>;  
VALDEZ, S. K.<sup>1,2</sup>**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 - (4400)  
Salta, Argentina. Email: hrflores@unsa.edu.ar  
Instituto de Investigación para la Industria Química (INIQUI-CONICET)  
Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa)**

### **Resumen**

La región NOA posee importantes yacimientos de boratos. La producción de concentrados, de refinados (bórax y ácido bórico) y de productos de alto valor agregado abastece tanto al consumo nacional, como a la exportación a Brasil y a otros 28 países. Por la variedad de aplicaciones el ácido bórico es el principal producto refinado. El proceso de obtención comprende una molienda de la mena de borato, su disolución en caliente con un ácido mineral, separación sólido-líquido en caliente, cristalización del ácido bórico por enfriamiento de la solución rica y su separación de las aguas madres mediante centrifugado. Finalmente el producto se lava para eliminar impurezas solubles y se seca. El agua madre se recicla a la etapa de disolución. En el presente trabajo se analiza la influencia sobre este proceso del empleo de diferentes boratos: ulexita (borato de sodio y calcio), colemanita (borato de calcio) e hidroboracita (borato de calcio y magnesio). La experimentación con los minerales mencionados se realizó en planta piloto, determinando la molturabilidad (que influye sobre el costo de molienda), la cinética de las reacciones de disolución del borato y la eficiencia global del proceso considerando tanto las etapas de pulpado como la de producción de barros insolubles y su separación (en caliente) de la solución rica. Luego de la separación, estos barros quedan impregnados en solución rica, que deberá recuperarse por lavado con agua fresca, operación que se verá influenciada tanto por la masa de barros como por su composición química (contenido de yeso, de arcillas y arenas). Para una ley de mena tipo, del 20%  $B_2O_3$ , deberán separarse y lavarse una cantidad de 2,06, 2,63 ó 2,17 toneladas de barro seco por cada tonelada de ácido bórico producido, según se emplee mena de ulexita, colemanita ó hidroboracita, respectivamente. En el hipotético caso de emplear menas de borato puro, de ulexita, colemanita ó hidroboracita, el barro seco generado estaría constituido por 0,56, 0,93 ó 0,46 toneladas de insoluble (yeso puro) por cada tonelada de ácido bórico producido, respectivamente.

Igualmente, la materia prima influye sobre la composición química de la solución rica y del agua madre obtenida. Las mismas contienen, además del ácido bórico y de las especies solubles contenidas en la mena (generalmente NaCl): 0,23 toneladas sulfato de sodio ó 0,32 toneladas de sulfato de magnesio, por cada tonelada de ácido bórico producido, según se hayan empleado ulexita o hidroboracita como materia prima.

## 07 RQ - SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COPOLÍMEROS EN BLOQUE P(HEMA-*g*-CL-*b*-CL)

NINAGO, M.D.<sup>1</sup>; DE FREITAS, A.G.O.<sup>2</sup>; MURARO, P.I. R.<sup>2</sup>; GIACOMELLI, C.<sup>2</sup>;  
VILLAR, M.A.<sup>1</sup>; CIOLINO, A.E.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química, UNS, Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: [mninago@plapiqui.edu.ar](mailto:mninago@plapiqui.edu.ar)

<sup>2</sup>Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil.

### Resumen

Debido a la creciente necesidad de sintetizar materiales poliméricos empleando técnicas de polimerización más sencillas, la combinación de nuevas técnicas de polimerización radicalaria con otras técnicas convencionales proporciona estrategias válidas para lograr este cometido. La polimerización por apertura de anillo (ROP) es un método atractivo para la preparación de poliésteres alifáticos con masas molares controladas y bajos índices de polidispersión. Por su parte, la polimerización por adición, fragmentación y transferencia reversible (RAFT) es una alternativa viable para la síntesis de homo y copolímeros de estructura controlada empleando un agente de transferencia adecuado. Debido a que la síntesis de copolímeros en bloque permite obtener materiales con propiedades híbridas, en este trabajo se sintetizaron y caracterizaron copolímeros en bloque de poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL) y poli(hidroxietilmetacrilato) (PHEMA) con cadenas de PCL injertadas (PHEMA-*g*-PCL) empleando una combinación simultánea de ROP y RAFT.

En la primera etapa se polimerizaron vía ROP el copolímero de injerto y el agente de transferencia unido a las cadenas de PCL empleando, en ambos casos, difenilfosfato como catalizador. En la segunda etapa se sintetizó el copolímero en bloque mediante polimerización RAFT; para ello, se utilizaron los materiales obtenidos en la primera etapa junto al iniciador de reacción (1,1'-azobiscianociclohexano).

La caracterización química de los productos sintetizados evidenció que la combinación de ROP y RAFT permite obtener copolímeros en bloque con un adecuado control de la estructura, reflejado en los bajos índices de polidispersión ( $M_w/M_n < 1,2$ ) obtenidos para todo el rango de masas molares estudiadas ( $10^3$  a  $10^4$  g/mol). Por otra parte, los ensayos térmicos mostraron que en los copolímeros obtenidos se produjo una disminución de la temperatura de fusión en hasta  $\sim 20$  °C, comparado con la temperatura típica de una cadena lineal de PCL homopolímero.

## **08 RQ - DIAGNÓSTICO DE FALLA EN UNIONES SOLDADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ENSAYO NORMALIZADAS**

**FURLANI A.<sup>1</sup>, MARTINEZ F.<sup>1</sup>, DEL PÓPOLO M.<sup>1</sup>, FRETES M.<sup>1</sup> y SANTAMARINA S.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, (5500) Mendoza. Teléfono 0054-261 4135000 int. 2192.  
E-mail: amfurlani@uncu.edu.ar**

### **Resumen**

Se considera que una pieza, máquina o equipo ha fallado cuando el mismo se vuelve completamente inoperable; cuando el componente aún es operable pero no es capaz de cumplir la función para la cual fue concebido, diseñado y manufacturado o cuando el deterioro del componente ha llegado a una condición seria que lo hace no confiable o inseguro para continuar su utilización.

El análisis de falla es un proceso crítico en la determinación de las causas físicas de los problemas. El proceso es complejo, se basa en muchas disciplinas técnicas diferentes, y utiliza una variedad de técnicas de observación, inspección y de laboratorio. Cuando la resistencia local de un material o la ductilidad del mismo son excedidas, una pequeña fisura se forma. Si se continúa con la carga la fisura se propaga a través de la sección hasta la ruptura del material.

Para la producción de soldaduras de alta calidad a través del uso de soldadores calificados se deben aplicar procedimientos de soldadura y materiales aprobados. El propósito de este trabajo es presentar algunos métodos de inspección para asegurar el análisis apropiado de la calidad de la soldadura. Dentro de los resultados obtenidos hasta el momento por el Laboratorio de Metales, Maderas y Materiales Especiales de la Facultad de Ingeniería, UNCuyo, se encuentra la aplicación de técnicas referidas a los ensayos de doblado, tracción e impacto sobre uniones soldadas para la Calificación de Procedimiento de soldadura y de Soldadores, según lo especificado por el Código ASME. Se pueden aplicar tanto a soldaduras de nuevas construcciones como en servicio, de tuberías usadas en la compresión, bombeo, y transmisión de petróleo crudo, productos de petróleo, gases combustibles, dióxido de carbono y nitrógeno, y donde sea aplicable, a sistemas de distribución.

En todos los ensayos realizados en el Laboratorio sobre probetas soldadas, los metales, tanto de aporte (cordón de soldadura) como de base (metal de las partes a soldar) están comprendidos por una multiplicidad de aceros al carbono y aceros inoxidable, principalmente.

Se obtuvo el porcentaje de probetas de soldadura con y sin indicaciones según cada tipo de ensayo aplicado y para el total de los ensayos realizados en el laboratorio, resultando el ensayo más crítico el de doblado de raíz.

## **09 RQ - EFECTO DEL SOLVENTE EN DIFERENTES RELACIONES AGUA / LIMONENO PARA LA OBTENCION DE TERPINEOL**

**CACERES, L.; AMUCHASTEGUI, V.; ZAMBÓN, S.; VELASCO, G.**

**QUIMOBÍ – IMIT (Facultad Regional Resistencia UTN y CONICET), French, 414  
(3500) Resistencia, Argentina.**

**E-mail: [lmarielc@frre.utn.edu.ar](mailto:lmarielc@frre.utn.edu.ar), [mcaceres@frre.utn.edu.ar](mailto:mcaceres@frre.utn.edu.ar)**

### **Resumen**

El  $\alpha$ -terpineol es un alcohol monoterpeno presente en una variedad de fuentes naturales tales como el aceite esencial de pino y el aceite esencial de petitgrain. Este compuesto posee un olor agradable y es un componente muy utilizado en varias industrias como la cosmética, perfumería, y de limpieza. La importancia de su producción recae en sus propiedades antimicrobianas para uso farmacéutico y alimenticio, siendo uno de los 30 compuestos más usados como saborizantes. En el presente trabajo se lo obtiene por hidratación catalítica del limoneno, presente en el aceite de pomelo, con una concentración relativa superior al 90%. Este aceite esencial es un subproducto de la industria citrícola, por lo que su aprovechamiento en síntesis orgánica aumenta su valor agregado. Por otra parte se ha demostrado que el uso de un solvente puede cambiar dramáticamente la velocidad de las reacciones químicas tanto en constantes de velocidad como en constantes de equilibrio. El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia de la presencia de acetona como solvente en el rendimiento y la selectividad de la reacción en diferentes relaciones de reactivos. La hidratación se llevó a cabo en un reactor batch agitado, como reactivos se utilizaron aceite esencial de pomelo blanco (*Citrus paradisi Spp.*) y agua, el medio ácido se logró con proporciones fijas de ácido tricloroacético, y como solvente se usó acetona. Las reacciones se realizaron a 95°C durante 8 horas y se variaron las relaciones de agua/limoneno. Las muestras obtenidas se analizaron por CG y se calcularon los rendimientos y selectividad de la reacción, a través del método del estándar interno. Los resultados muestran que al estar presente el solvente en la reacción, resulta un aumento del 16% en el rendimiento y un incremento del 20% en la selectividad a  $\alpha$ -terpineol. Además, los mismos decrecen a medida que aumenta la relación de agua/limoneno. Esto puede deberse al aumento de la interface de la reacción al estar presente la acetona, ya que la misma es soluble tanto en agua como en el aceite.

## **10 RQ - ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR METALMECÁNICO EN SAN RAFAEL, MENDOZA. ARGENTINA**

**QUILES, A., CERIONI, J.<sup>1</sup>, QUILES P., MOYANO J., GARINO, G., ESCOBEDO S., LABANCA M.**

**1. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael. Dirección  
Urquiza 314 – (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina [ingcerioni @yahoo.com.ar](mailto:ingcerioni@yahoo.com.ar).**

### **Resumen**

La Industria Metalmecánica comprende un conjunto de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación.

Como puede intuirse por su alcance y difusión, la Industria Metalmecánica constituye un eslabón fundamental en el entramado productivo de una región. No sólo por su contenido tecnológico y valor agregado, sino también, por su articulación con distintos sectores industriales.

El objetivo del presente proyecto es determinar cuál es el escenario del sector metalmecánico, con lo que se ha buscado mostrar en este trabajo la importancia para la región sur de la Provincia de Mendoza.

Para desarrollar la presente investigación se acudió a dos tipos de fuentes: fuentes secundarias, datos que procedieron de instituciones gubernamentales como el Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios y fuentes primarias recogiendo directamente los datos del sector.

Bajo éstas fuentes de investigación se procedió a llevar a cabo el análisis de la Cadena de Valor de la Industria Metalmecánica a través de un sistema de entrevistas personalizadas dirigidas a los agentes involucrados, con la finalidad de conocer y entender el estado y funcionamiento de dicha cadena, lo cual permitió identificar los puntos críticos que enfrentan la competitividad de la cadena y las ventajas competitivas que ayudan a su desarrollo.

Las características del sector metalmecánico de la región presentan una industria desarrollada en mayor medida desde la actividad agrícola seguido de servicios petroleros. Existen establecimientos de envergadura con mercados definidos y permanente innovación tecnológica. Como así también, otros sub sectores que se dedican a satisfacer necesidades de la población, como ser: carpinterías metálicas, tornerías, rectificación de motores, insumos agrícolas, etc.

El sector presenta un panorama desalentador respecto a otros años. Un análisis global de la situación se le atribuye al bajo rendimiento que está sufriendo la actividad primaria en la provincia. Asimismo, demandan la falta de políticas que acompañen esta magra situación, motivo por el cual en varias oportunidades manifiestan sentirse desprotegidos.

Del mismo modo, se observa que los encuestados, manifestaron, su voluntad y deseo de avanzar, progresar y crecer, y que ello conlleva a contribuir con un impacto positivo sobre la sociedad, no obstante, se proyectan un escenario poco alentador, por ende, fundamentan sus planificaciones en proyectos a corto plazo.

## **11 RQ - DETERMINACION DE LA CINETICA E ISOTERMAS DE ADSORCION DE $\alpha$ -ENDOSULFAN Y ENDRIN CON CARBÓN ACTIVADO**

**WILLIMAN, C.<sup>1,3</sup>; MUNITZ, M.<sup>1</sup>; VISCIGLIO, S.<sup>1</sup>; GONZÁLEZ ALEJANDRO, E.<sup>1</sup>; RUBINICH, L.<sup>1</sup>; MONTTI, M. I.<sup>1</sup>; NAVARRO, A.<sup>2</sup>; RONCO, A.<sup>3</sup>**

**Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos (Facultad de Ciencias de la Alimentación-UNER), Concordia, Argentina.**

**E-mail: [willimanc@fcal.uner.edu.ar](mailto:willimanc@fcal.uner.edu.ar)**

**Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.**

**Centro de Investigaciones del Medio Ambiente – CONICET. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

En los procesos de adsorción existe un amplio espectro de mecanismos físicos y químicos, los cuales ocurren normalmente en etapas consecutivas tales como la difusión del adsorbato a través de la película de fluido hasta el material adsorbente, difusión a través de los poros y posterior reacción de adsorción. A fin de poder establecer las condiciones operativas óptimas de la adsorción, es necesario determinar el equilibrio de la reacción y su cinética. La magnitud de adsorción alcanzable por unidad de masa de adsorbente dependerá de la superficie específica del adsorbente y naturaleza del adsorbato en cuestión. La curva de equilibrio entre la cantidad de adsorbato por unidad de adsorbente ( $q_e$ ) y la concentración de adsorbato en la solución ( $C_e$ ) descripta a temperatura constante corresponde a la isoterma de adsorción. Los modelos matemáticos más utilizados en aplicaciones de tratamiento de agua son el de Freundlich y Langmuir. Los objetivos fueron establecer la cinética y las isotermas correspondientes. Los ensayos para la determinación del tiempo de equilibrio utilizando como matriz agua grado 1 y fortificadas a concentraciones de los plaguicidas de 20  $\mu\text{g/l}$  a las que se adicionaron 50  $\text{mg/l}$  de adsorbente fueron realizados colocando las muestras en baño termostatzado a 22 °C durante 10, 20, 30, 35, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 minutos, con una frecuencia de agitación de aproximadamente 60 desplazamientos por minuto. Las isotermas correspondientes se determinaron adicionando 5, 10, 20, 30, 40 y 50  $\text{mg/l}$  de adsorbente, en agitación durante 60 minutos. Posteriormente a la filtración los analitos fueron extraídos por microextracción en fase sólida utilizando polidimetilsiloxano de 100  $\mu\text{m}$ , y luego determinados por cromatografía gaseosa con detector de microcaptura de electrones. Del análisis estadístico de los resultados, los diferentes parámetros determinados indicaron que la cinética de adsorción del  $\alpha$ -endosulfan y endrin con carbón activado responde a ecuaciones de pseudo-segundo orden, con valores de coeficientes de regresión de 0,999 en ambos casos. Con respecto a las isotermas los parámetros estadísticos de ajuste indicaron que ambos analitos responden según la ecuación de Freundlich, con coeficientes de regresión entre 0,971 y 0,975. Siendo la capacidad adsorptiva del carbón activado de 0,233 y de 0,094  $\mu\text{g/mg}$  para  $\alpha$ -endosulfan y endrin respectivamente y respecto a la intensidad de las fuerzas de adsorción, podemos concluir que el endrin tiene mayor afinidad por el adsorbente utilizado.

## 12 RQ - CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN MINERAL DE URANIO PARA SU POSTERIOR TRATAMIENTO METALÚRGICO

ESPIN, E<sup>1</sup>.; DIAZ, A.<sup>1</sup>; LARA, R.<sup>1</sup>; COLQUE, I<sup>2</sup>; OROZCO, I<sup>1</sup>

**1. Instituto de Investigaciones Mineras (IIM), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.**

**2. Consejo de Investigación de Ciencia y Técnica (CICITCA)**

**Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (O), San Juan, Argentina, CP: 5400**

**E-mail: eleonoraespin@gmail.com**

### **Resumen**

El mineral en estudio corresponde a un yacimiento de uranio de la Provincia de Chubut. Su mineralización es de origen epigenético y ligada a facies clásticas de composición ácida asociado a la presencia de abundante materia orgánica, como así también, variedad y cantidad de sulfuros y carbonatos que actúan como cemento o sellando diaclasas. La presencia de estos últimos minerales, afecta directamente el proceso metalúrgico que se emplea para la concentración de uranio, como es la lixiviación. En el caso de la lixiviación alcalina la presencia de yeso afecta directamente el aumento en el consumo de carbonato-bicarbonato de sodio y en el caso de lixiviación ácida, aumenta el consumo de ácido sulfúrico.

El objetivo general del presente trabajo fue caracterizar química y mineralógicamente un mineral de uranio, con el fin de identificar impurezas como  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{CaSO}_4$ . De esta manera se podrá definir una metodología para una etapa posterior de liberación y/o limpieza.

La metodología empleada consistió en realizar un ensayo granulométrico en seco utilizando una serie de tamices ASTM. Cada clase granulométrica fue caracterizada químicamente por medio de ICP. Posteriormente se efectuó una descripción mineralógica de las clases granulométricas que evidenciaron altos contenidos en uranio asociado a carbonatos y sulfatos. Para ello se utilizó una lupa binocular marca Lancet de 10x y un microscopio de polarización marca Laica, con objetivos de aumento 10x y de 20x. Las determinaciones de carbonatos se realizaron por la Norma NLT 116/91- Determinación del contenido de carbonatos en los suelos, a través del Método del Calcímetro de Bernard y las determinaciones de sulfatos mediante la Norma estándar ASTM C 471M-01 para el análisis químico de yeso y sus productos.

En base a estos resultados se elaboraron correlaciones entre los valores de  $\text{U}_3\text{O}_8$  (ppm) y % de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{CaSO}_4$ , con el fin de determinar el tamaño de partícula al cual deberá ser molido el mineral para su liberación y posterior beneficio metalúrgico. El estudio de correlación arrojó como resultados preliminares una correspondencia de valores de  $\text{U}_3\text{O}_8$  (ppm) vs %  $\text{CaCO}_3$  y de  $\text{U}_3\text{O}_8$  vs  $\text{CaSO}_4$  entre las mallas 100# y 400#. En función del análisis de correlación, se concluye que el tamaño óptimo para la ejecución de procesos de limpieza del mineral y una posterior lixiviación, se ubica en tamaño de malla de -100# (por debajo de 150  $\mu\text{m}$ ).

**Palabras Claves:** análisis granulométrico – sulfato de calcio – carbonatos de calcio – mineralogía.



## **13 RQ - DESHIDRATACIÓN DE METIL TERT-BUTIL ÉTER (MTBE) CON LÍQUIDO IÓNICO PRÓTICO DE CADENA CORTA**

**IGLESIAS, M.<sup>1</sup>; GONZÁLEZ-OLMOS, R.<sup>2</sup>; ANDRADE, R.S.<sup>1</sup>**

**1. Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia. Federação, 40210-630, Salvador, Bahia. Brasil  
E-mail: miguel.iglesias@ufba.br**

**2. Laboratory of Chemical and Environmental Engineering (LEQUIA), Institute of the Environment, University of Girona, Faculty of Sciences, Campus Montivili s/n, E-17071 Girona. Spain**

### **Resumen**

En los procesos industriales químicos, la optimización y el diseño adecuado de equipos de separación están condicionados por un conocimiento suficiente de la termodinámica de mezclas. En lo que se refiere al campo de operaciones unitarias, la optimización de los procesos de extracción o destilación heterogénea requiere del conocimiento del equilibrio de fase líquido-líquido, que puede determinarse experimentalmente o por predicción basada en un modelo apropiado y un conjunto de datos.

Los líquidos iónicos (LIs) son una clase de nuevos disolventes que cada vez más se están aplicando para diferentes usos técnicos, debido a sus características físico-químicas [1,2]. Este tipo de compuestos se pueden dividir en dos categorías principales, los líquidos iónicos apróticos y los líquidos iónicos próticos. En los últimos años, a pesar de los escasos estudios, ha habido un interés creciente en los líquidos iónicos próticos, así como en sus muchas aplicaciones potenciales.

Como continuación de un proyecto más amplio de estudio de las aplicaciones de nuevos líquidos iónicos próticos, este trabajo se centra en estudiar la aplicabilidad de un líquido iónico prótico de corta cadena (2-hidroxietanolamin formiato, 2-HEAF) como disolvente potencial para la deshidratación de MTBE por extracción líquida. Para este fin, se presentan nuevos datos de equilibrio líquido-líquido (ELL) del sistema agua+ 2-HEAF + MTBE a 278.15, 298.15 y 308.15 K. Como resultado de las intensas interacciones polares, separaciones de mezclas de agua y éter por extracción fueron posibles a cualquier temperatura y pequeñas cantidades de disolvente iónico. Las curvas de coexistencia calculadas fueron de tipo II de acuerdo a la descripción de Treybal para todas las temperaturas. El impedimento estérico se revela como el factor clave para describir el comportamiento de la tendencia de mezcla y el empaquetamiento de iones en medio polar. La recuperación del líquido iónico es posible mediante la simple evaporación del agua, sin pérdidas debido a su presión de vapor nulas en condiciones de laboratorio. Los resultados obtenidos señalan 2-HEAF como un agente potencial para la deshidratación MTBE.

## **14 RQ - OBTENCION DE LITIO METALICO A PARTIR DE SUS SALES; DISEÑO DE UN MÉTODO ELECTROQUÍMICO**

**CASTRO, I.<sup>1</sup>; TORRES M.<sup>1</sup>; ECHENIQUE A.<sup>1</sup>; SIMONE, H.<sup>1</sup>; ZACUR J.L.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 - (4600)  
San salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: [jlzacur@fi.unju.edu.ar](mailto:jlzacur@fi.unju.edu.ar)**

### **Resumen**

**Introducción:** el Litio es un recurso mineral muy estudiado en la actualidad, por su protagonismo como vector energético en aplicaciones para baterías recargables, almacenamiento de hidrógeno y energía nuclear. La existencia de grandes yacimientos evaporíticos de Litio en el NOA, es un gran incentivo para el estudio y desarrollo de tecnologías que permitan aprovechar el recurso, orientado a estas aplicaciones. Muchos de los procesos que conducen a la síntesis de precursores apropiados requieren de Litio metálico como un paso intermedio. Se hace necesario, para el desarrollo inicial a escala laboratorio, contar con un método de obtención, siendo la bibliografía disponible escasa.

**Objetivo:** exponer un método a escala laboratorio, su diseño constructivo e implementación, por el que se obtiene el Litio metálico por electrólisis de una mezcla LiCl - KCl fundida.

**Metodología:** El LiCl es un compuesto muy higroscópico, de difícil almacenamiento y manipuleo, por lo que es sintetizado a partir de LiCO<sub>3</sub> (principal producto comercial obtenido en las salinas) por reacción con HCl. Se verifican distintas configuraciones de celda y testean condiciones de proceso (características de mezcla, temperatura, voltaje, carga eléctrica circulante). La fuente de calor es un mechero Mecker. Se emplea una fuente de tensión continua equipada con un voltímetro y un amperímetro

**Resultados:** la configuración tradicional consistente en un recipiente que contiene la mezcla fundida en contacto con cátodo y ánodo resultó inadecuada, por la cercanía de los electrodos, que aumenta la probabilidad de reacción del Cl<sub>2</sub> gaseoso con el Litio metálico líquido producido, con pérdida de rendimiento. La disposición más ventajosa encontrada es utilizar una cuba-ánodo de grafito y un electrodo central suspendido de acero inoxidable, separado de la cuba por un escudo de cerámica que aísla el metal reducido del gas. La mejor mezcla de sales a fundir está formada por iguales masas de LiCl y KCl. Esta mezcla es proeutectica, por lo que a medida que es consumido el catión Litio, su punto de fusión desciende, posibilitando una operación estable. Otras mezclas tienden a formar fundidos siruposos de difícil manipulación. Alrededor del electrodo central se forma Litio metálico: por su menor densidad flota sobre la sal fundida y por su mayor tensión superficial tiende a aglutinarse alrededor del electrodo, lo que facilita su recolección

**Conclusión:** Es posible obtener Litio metálico mediante el dispositivo implementado; las condiciones operativas observadas son adecuadas a escala laboratorio.

# 15 RQ - ELEMENTOS DE UN MODELO TERMODINÁMICO PARA EL ACOMPLEJAMIENTO DEL CATIÓN LITIO CONTENIDO EN SALMUERAS NATURALES

ADARO, M.C.<sup>1</sup>; ZACUR J.L.<sup>1</sup>

1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 - (4600) San salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: [jlzacur@fi.unju.edu.ar](mailto:jlzacur@fi.unju.edu.ar)

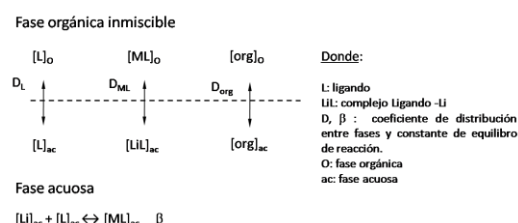
## Resumen

**Introducción:** el Litio es un recurso mineral muy estudiado en la actualidad, por sus aplicaciones como vector energético. En el NOA existen grandes salares del recurso, siendo necesario el estudio y desarrollo de tecnologías que permitan aprovecharlo. Un proceso alternativo a la cristalización por evaporación y precipitación química actualmente aplicado, es la captura selectiva del catión Litio mediante un agente quelante y su transferencia a una segunda fase inmiscible con la solución salina primitiva. De allí sería posible la transformación del Litio acomplejado a un producto aplicable. El proceso de extracción propuesto, en su condición límite, puede ser modelado como un sistema en equilibrio en donde las cantidades de las especies químicas están relacionadas por constantes de equilibrio químico y coeficientes de distribución interfases.

**Objetivo:** describir las propiedades termodinámicas de equilibrio que integran un modelo termodinámico para estimar condiciones de proceso para la captura de catión Litio por agentes quelantes y su transferencia a una segunda fase inmiscible; validar el modelo comparando los resultados computados con resultados experimentales publicados.

**Metodología:** Se han identificado las transformaciones químicas y de transferencia relevantes del proceso. Se las ha caracterizado mediante variables termodinámicas de equilibrio y balances de masa. El problema de equilibrio es tratado como una minimización de la función de Gibbs no restringida con una formulación estequiométrica.

**Resultados:** La descripción resultante de las relaciones químicas y de transferencia se encuentra en el siguiente esquema:



En esta primera etapa de modelado no han sido considerados los efectos de la no idealidad del sistema, las que incorporadas en una próxima revisión del modelo. Se encuentra que en condiciones diluidas el modelo reproduce los resultados experimentales publicados con un error máximo del 15%.

**Conclusión:** Considerando las extrapolaciones involucradas en la estimación de las propiedades termofísicas, se entiende que el modelo termodinámico presentado es una adecuada aproximación para la descripción del proceso.

## **16 RQ - ALGORITMOS DE ESTIMACIÓN DE DISTRIBUCIONES EN PARALELO APLICADOS AL DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN EN PLANTAS QUÍMICAS**

**CARNERO, M.<sup>1</sup> ; HERNÁNDEZ, J.<sup>1</sup> ; SÁNCHEZ, M.<sup>2</sup>**

**1. Grupo de Optimización, Facultad de Ingeniería UNRC, Campus Universitario, 5800 Río Cuarto, Córdoba. Argentina**

**E-mail: {mcarnero, jlh}@ing.unrc.edu.ar**

**2. Planta Piloto de Ingeniería Química (UNS- CONICET) Camino La Carrindanga Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina.**

### **Resumen**

En la industria de procesos es práctica común llevar a cabo tareas tales como control estadístico, optimización en línea, diagnóstico de fallas, mantenimiento predictivo, etc, que requieren necesariamente del conocimiento previo de los valores asociados a las variables de proceso. El diseño de instrumentación de la planta es quién permite determinar, incluso con ciertos criterios de calidad, el conocimiento requerido sobre las condiciones de operación de la misma. El Diseño de la Red de Sensores de una planta de procesos con fines de monitoreo consiste en determinar para cada variable de proceso si será medida y de qué manera (tipo, número, exactitud, precisión, costo, probabilidad de falla, etc. del instrumento). Habitualmente estas decisiones se basan en experiencias previas con plantas similares o reglas empíricas. Sin embargo es posible modelar este problema como un problema de optimización discreta del tipo NP-completo. La resolución del mismo permite concretar el diseño y/o actualización del sistema de instrumentación de manera eficiente y automática. Los problemas de optimización de estas características pueden ser abordados con técnicas del tipo ramificación y acotamiento o ramificación y corte, que son capaces de encontrar en problemas de tamaño medio, soluciones exactas en tiempos de cómputo aceptables. Sin embargo, para problemas de mayor escala, el tiempo de resolución asociado puede tornarse prohibitivo. En los últimos años se han propuesto diversos métodos de resolución, englobados dentro del término Metaheurísticas, que intentan brindar soluciones óptimas o de alta calidad en tiempos razonables. Una de las metaheurísticas que ha sido utilizada para resolver muchos de los problemas clásicos de la literatura de optimización combinatoria, es la de los Algoritmos Evolutivos, los cuales han evidenciado un muy buen desempeño. Dentro de este paradigma y más recientemente, se han comenzado a aplicar los algoritmos de estimación de distribuciones, AED, que si bien comparten con los AEs su carácter de algoritmos poblacionales que evolucionan de iteración en iteración, en los AEDs la búsqueda está centrada en encontrar una distribución de probabilidades conjunta que al ser muestreada genere una población de soluciones de alta calidad. En el presente trabajo se propone resolver el diseño general de una red de sensores utilizando una clase particular de AEDs denominado *Extended Compact Genetic Algorithm*, ECGA, con una implementación paralela. Este algoritmo pertenece a la clase de AEDs que intentan modelar las relaciones entre las variables intervinientes así como estimar los parámetros de la distribución conjunta. La técnica de resolución es aplicada a diseños de redes de sensores de plantas de proceso tomados de la literatura, de manera tal de poder contrastar los resultados obtenidos con los ya existentes.

## **17 RQ - ESTUDIO DE FORMULACIÓN DE EMULSIONES VINIL-ACRÍLICAS PARA RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

**MARTÍNEZ, A.S.; VIDELA, V. E.; CARBAJAL RAMOS, I.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. B. de  
Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

**E-mail: [smartinez@fcai.uncu.edu.ar](mailto:smartinez@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

El presente proyecto se propone estudiar las variables que intervienen en la formulación teórico-práctica de emulsiones acrílico-vinílicas con contenido de sólidos finamente divididos, utilizadas como recubrimiento de superficies.

La elaboración de recubrimientos superficiales de diferentes tipos tienen en común las operaciones de reducción de tamaño en húmedo, formación de emulsiones a alta velocidad, y el agregado de componentes que estabilicen y mantengan en el tiempo estos productos.

Pequeñas variaciones en la composición de los componentes, o en variables de proceso como temperatura, velocidad de agitación, tamaño de molturación y tiempo, entre otras, pueden cambiar significativamente las propiedades del producto final.

Para asegurar que una formulación es adecuada, deben medirse los atributos de calidad de la emulsión obtenida. Se trata de procesos que involucran cálculos teóricos y ensayos prácticos en cada nueva formulación, además de la evaluación de la calidad del producto obtenido. Los objetivos son: (1) Conocer los principales tipos de equipos utilizados para la formulación de emulsiones vinil-acrílicas, detalles y normas constructivas, funcionamiento y operación. (2) Complementar la formación teórico-práctica con actividades de diseño de productos en escala piloto. (3) Realizar una serie de ensayos que permitan medir la calidad de las emulsiones obtenidas. La metodología de trabajo se basa en los conceptos de aprendizaje basado en problemas y aprendizaje basado en proyectos. La secuencia metodológica contempla:

- Desarrollo del producto: definición de propiedades y necesidades específicas.
- Formulación de la composición óptima del producto: componentes básicos, cálculo de la CVP (Concentración en Volumen de Pigmentos) y determinación experimental de CVPC (Concentración en Volumen de Pigmentos Crítica).
- Desarrollo de un proceso óptimo de mezclado de los componentes, incluyendo tiempos de mezclado, determinación de finura de sólidos, y grado de humectación de líquidos.
- Comprobación del desempeño del proceso, medición de parámetros de calidad del producto, y re-diseño del producto.
- Diseño final, incluyendo elaboración del mismo en escala piloto.
- Comprobación de los parámetros de calidad del producto elaborado, realizando análisis de calidad en laboratorio.

Resultados y conclusiones: Se espera contribuir a la formación de los graduados en ingeniería química en las competencias tecnológicas relacionadas a identificar, formular y resolver problemas diseñando y desarrollando proyectos de ingeniería, y al desempeño efectivo de equipos de trabajo considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global con el objeto de promover el aprendizaje en forma continua y autónoma.

## **18 RQ - DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN AUTOCLAVE PILOTO APLICANDO COMO MEDIO DE CALENTAMIENTO CASCADA DE AGUA**

**FARÍA, C.<sup>1,2</sup>; SEGURA, J.<sup>1</sup>**

**1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Río Negro. Tacuarí 669 - (8336) Villa Regina, Río Negro. Argentina**

**E-mail: [cfaria@unrn.edu.ar](mailto:cfaria@unrn.edu.ar)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Av. Rivadavia 1917 - (1000-1499) C.A.B.A., Buenos Aires. Argentina.**

### **Resumen**

El coeficiente convectivo de transferencia de calor ( $h$ ) es uno de los parámetros de mayor importancia en los procesos térmicos de la industria alimenticia. El conocimiento de este parámetro con una razonable exactitud permite un correcto diseño de dichos procesos y su posterior análisis.

El coeficiente  $h$  se puede estimar resolviendo el correspondiente problema inverso de conducción de calor, o mediante el empleo de sensores de flujo de calor. Dicho sensor es una termopila en la que las juntas de las termocuplas están dispuestas en serie a ambos lados del material que provee resistencia térmica. Cuando se adhiere a la superficie de un material que intercambia calor con el ambiente, este permite la medición del flujo de calor instantáneo que atraviesa su superficie, el cual es proporcional a la diferencia de temperaturas existentes entre ambas caras del sensor. La adquisición de la señal es posible utilizando microvoltímetros y el coeficiente convectivo de transferencia de calor es calculado directamente a partir de la sensibilidad del sensor.

Existe una amplia cantidad de investigaciones científicas referidas a la transferencia de calor en autoclaves discontinuas dentro del alimento. Sin embargo, en lo que respecta a la transferencia de calor desde el medio de calentamiento hacia la superficie del envase, los estudios encontrados no son tan abundantes y por lo general estos utilizan como medio de calentamiento vapor puro o mezclas vapor/aire.

El objetivo de nuestro trabajo consiste en la determinación del coeficiente convectivo de transferencia de calor, mediante el empleo de sensores de flujo de calor, en un autoclave piloto aplicando como medio de calentamiento una cascada de agua.

Las experiencias se realizaron empleando un cilindro macizo de aluminio de 13cm de largo por 6cm de diámetro. Se utilizaron distintas temperaturas de medio de calentamiento, de 80°C a 120°C en intervalos de 5°C. Cuando el autoclave se encontró en régimen a la temperatura determinada se expuso repentinamente el cilindro al medio de calentamiento, registrando la señal de salida del sensor de flujo de calor con un adquisidor de datos conectado a una computadora. Los valores del coeficiente  $h$  encontrados concuerdan con los informados por otros autores. Los resultados obtenidos se regresionaron para obtener la variación del coeficiente convectivo con la temperatura del medio, dando como resultado la siguiente expresión:  $h = \exp(0.0448 \cdot T_w + 1.832)$ . El flujo de sensor de calor permitió la medición directa de los coeficientes de transferencia de calor, independientemente de las propiedades térmicas del producto

## 19 RQ - VALIDACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE TRAZAS DE ALUMINIO, MANGANESO, MOLIBDENO Y ZINC EN SUEROS PARENTERALES MEDIANTE ICP- OES

FARÍAS, S.S.<sup>1</sup>; MENÉNDEZ, A.M.<sup>2</sup>; PONTIGGIA R.<sup>2,3</sup>; SERVANT R.E.<sup>1</sup>; CORTEZ I.<sup>3</sup>; PITA MARTÍN DE PORTELA, M.L.<sup>4</sup>.

1. Gerencia de Química. Centro Atómico Constituyentes. Comisión Nacional de Energía Atómica CNEA. Avda. General Paz 1499 (1650). San Martín, Pcia. de Buenos Aires. Email: [farias@cnea.gov.ar](mailto:farias@cnea.gov.ar), [fariassilvias@gmail.com](mailto:fariassilvias@gmail.com)

2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad de Belgrano, Villanueva 1324 (1426), Buenos Aires, CABA.

3. Benito Roggio Ambiental, Salguero 3800 (1407), Buenos Aires, CABA.

4. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Junín 954 (1113), Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.

### Resumen

La inexistencia de métodos normalizados para determinar elementos traza en soluciones parenterales de pequeño y gran volumen exige la validación de metodologías para obtener resultados exactos y certeros. Validar un método para determinar los niveles traza de manganeso, molibdeno, aluminio y zinc, mediante ICP-OES en soluciones acuosas.

Se utilizó un espectrómetro de emisión atómica de plasma inductivo de argón Perkin Elmer Óptima 8000, axial, con detector de estado sólido, nebulizador de flujo cruzado asociado a una cámara de expansión Tipo Scott y automuestreador Tipo AS 90. Los parámetros Instrumentales fueron optimizados contemplando las variables críticas que influyen en la señal analítica. La validación incluyó la determinación de: *Selectividad/Especificidad*: se determinaron los analitos en presencia de posibles interferencias espectrales a bajo nivel y a concentraciones elevadas. *Linealidad*: se utilizaron materiales de referencia certificados NIST-SRM, CHEM-LAB, para preparar disoluciones madres (de 1 y 10 µg ml<sup>-1</sup>), que dieron origen a “curvas de calibrado” de ocho estándares (con niveles de ácido nítrico semejantes a las muestras). La linealidad de las “funciones respuesta” se evaluó mediante estudio de residuales, coeficientes de determinación, tests t y tests F. *Repetibilidad y precisión intermedia*: Se evaluó la precisión del método, realizando diez mediciones independientes de cada uno de los patrones utilizados en la “función respuesta”, y su alineación con la ecuación de Horwitz. La precisión se evaluó usando diluciones de los estándares multielementales (conteniendo Al y otros metales traza) a niveles equivalentes a los empleados en la elaboración de la función respuesta. *Sesgo*: se evaluó contrastando los resultados obtenidos por el método desarrollado para un material de referencia certificado de matriz, con los valores certificados. Utilizando las longitudes de onda (nm): Al: 394.401; Mn: 257,610; Mo: 202.031; Zn: 213.857, se pudieron discriminar la mayoría de las interferencias espectrales descritas en la bibliografía. Se probó la linealidad de las funciones respuesta, (utilizando Ytrio como estándar interno), obteniéndose niveles de precisión intermedia del orden del 5-11% y el sesgo nunca superó el 12%. Las incertidumbres inherentes a las determinaciones oscilaron entre 10 y 16%. Los límites de cuantificación obtenidos en solución fueron: Al: 20 µg/ L; Mn: 5 µg/ L; Zn: 10 µg/ L y Mo: 10 µg/L, todos ellos compatibles con los límites propuestos por normativas internacionales. El método propuesto es rápido, con incertidumbre adecuada y de utilidad para poder cuantificar de manera certera metales traza tanto benéficos como tóxicos en soluciones parenterales.

## **20 RQ - ESTUDIO DE LA DISOLUCION DE PEROXIDO DE CALCIO PARA SER EMPLEADO EN REACCIONES DE FENTON**

**RUSSO, A.V.; VELASCO ANDRADE, C.; JACOBO, S. E.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. INTECIN. Paseo Colón 850 - (1063) Capital Federal. Argentina  
E-mail: analiavrusso@gmail.com**

### **Resumen**

La reacción de Fenton es un proceso de oxidación avanzada que ha sido usada para el tratamiento de suelos y aguas subterráneas. Uno de los inconvenientes en la utilización del peróxido de hidrógeno, es que su excesiva descomposición a través de reacciones improductivas, disminuyen la velocidad de formación del radical responsable de producir la oxidación del contaminante.

En trabajos anteriores reportamos los resultados de experiencias cinéticas aplicando en método Fenton un catalizador heterogéneo soportado en una zeolita natural (clinoptilolita) a pH ácidos.

Para desarrollar una de las técnicas que involucra un proceso químico de remoción de contaminantes orgánicos, como son las barreras reactivas de aplicación in situ, se requiere diferentes condiciones: pH neutros similares a los existentes en la naturaleza y disponibilidad del reactivo a largo plazo.

Se propone el uso de peróxido de calcio como fuente del radical hidroxilo para evitar la continua alimentación del reactivo al sistema, además para proporcionar una íntima relación entre el catalizador y el radical generado.

En este trabajo se estudia la disolución del peróxido de calcio con diferente granulometría (polvos y compactado) en experiencias en batch, a temperatura ambiente y a pH 7 (usando una solución reguladora de fosfato ácido/diácido de sodio). Se tomaron muestras a intervalos regulares de tiempo y se cuantificó el peróxido de hidrógeno remanente con solución de permanganato de potasio.

Se determinó que el proceso de disolución está condicionado por la granulometría del peróxido. Al compactarlo se inhibe la disolución del mismo, posiblemente por formación de una capa insoluble con los fosfatos aportados por la solución reguladora. Por este motivo, se decide emplear el peróxido en forma de polvos como reactivo para la generación del radical necesario en la oxidación de los contaminantes orgánicos.



## **21 RQ - MODIFICACIONES A UN CATALIZADOR HETEROGÉNEO EN SISTEMA FENTON A PH NEUTRO PARA LA REMOCIÓN DE BENCENO**

**RUSSO, A.V.; VELASCO ANDRADE, C.; JACOBO, S. E.**

**Laboratorio de Fisicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. INTECIN. Paseo Colón 850 - (1063) Capital Federal. Argentina**  
**E-mail: analiavrusso@gmail.com**

### **Resumen**

El método Fenton en fase homogénea ha sido ampliamente estudiado para la remoción de contaminantes orgánicos. Las condiciones de trabajo óptimas son con peróxido de hidrogeno, sales de Fe(II) y pH moderadamente ácido (3-4). Para extender el campo de aplicación a suelos contaminados es necesario explorar nuevas condiciones de trabajo: reactivos sólidos y pH neutro.

En trabajos anteriores reportamos resultados de remoción de benceno en un sistema zeolita-catalizador que mostró muy buena estabilidad en el tiempo manteniendo buena capacidad de remoción por largos períodos.

Dado que, los procesos involucrados en la remoción de benceno con nuestro sistema incluye proceso de adsorción y oxidación, y modificaciones en el estado de oxidación del catalizador (Fe) resulta interesante explorar diferentes condiciones: incrementar el proceso de adsorción mediante surfactantes y optimizar la disponibilidad del hierro soportado en la zeolita mediante un complejante.

Se realizaron experiencias en sistemas batch con soluciones de benceno a fin de estudiar la cinética de remoción del mismo. Se utilizó una zeolita natural modificada con iones amonio, cargada con iones hierro y reducida en atmosfera inerte (Ze-FeR). Los sistemas analizados fueron:

- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducidos y agregado de un surfactante denominado bromuro de hexadeciltrimetilamonio (Ze-FeR-CTAB) para aumentar la capacidad de adsorción de la misma.
- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducidos y agregado de quinona (Ze-FeRQ) como complejante del hierro.

En el primer caso se observó que si bien la velocidad de remoción mejora durante los primeros minutos de la reacción por el incremento de la capacidad de adsorción del benceno sobre la zeolita, después de cierto tiempo el surfactante realiza un efecto de barrera entre el catalizador, el reactivo y el contaminante

En el segundo caso se observa que el agregado de quinona no modifica la cinética de remoción de benceno.

## **22 RQ - SEPARACIÓN DE LA MEZCLA ETANOL/AGUA POR PERVAPORACIÓN EMPLEANDO MEMBRANAS DE POLI(3- HIDROXIBUTIRATO)**

**BRIONES NIEVA, C. A.; VILLEGAS, M.; CASTRO VIDAURRE, E.F;  
GOTTIFREDI, J.C.**

**Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET). Facultad  
de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150 - (4400), Salta,  
Argentina.**

**E-mail: [mvillegas@unsa.edu.ar](mailto:mvillegas@unsa.edu.ar)**

### **Resumen**

La pervaporación (PV), es un proceso de separación con membranas aplicado a mezclas líquidas de compuestos miscibles, que son difíciles de separar por técnicas convencionales (forman azeotropos, son compuestos sensibles a la temperatura, entre otros). Esta técnica muestra una creciente potencialidad, debido al desarrollo de nuevos materiales utilizados en la síntesis de membranas. La PV tiene lugar en tres etapas fundamentales: sorción de los componentes en la membrana, difusión de los compuestos a través de la membrana y desorción en el lado del permeado. Las membranas de PV deben ser densas (libres de poros) y su desempeño se evalúa mediante medidas de flujo y selectividad. La fuerza impulsora en PV es el gradiente de potencial químico existente entre la alimentación y el permeado. Este gradiente se puede establecer de distintas maneras, las más comunes son: por medio de vacío en el lado permeado o bien haciendo circular una corriente de gas de arrastre (carrier). El primer caso es más costoso tanto económica como técnicamente, por lo que en nuestro grupo de investigación montamos y pusimos a punto el equipo de PV empleando un gas carrier (He) que va conectado directamente a un cromatógrafo de gases, determinando fácilmente la selectividad y siguiendo al evolución hasta llegar al estado estacionario. Las membranas de poli(3-hidroxibutirato) (PHB) se sintetizaron por la técnica de *casting*, disolviendo el polímero en cloroformo, resultando uniformes y de morfología densa, indispensables en el proceso de PV. Las mismas fueron evaluadas en la deshidratación de etanol trabajando en la concentración azeotrópica (95%p/p), variando la temperatura de alimentación entre 40 y 60°C, y las presiones de permeado entre 1 y 2,5psig. La membrana resultó selectiva al agua con valores del factor de separación entre 3 y 7,5. En cuanto a los efectos de los parámetros de operación, se evidenció una mayor dependencia al cambio de presión (caudal) del carrier que a la temperatura. Para los ensayos realizados a 2 y 2,5 psig, los resultados son prácticamente independientes de la temperatura, indicando que la membrana mantiene su estructura, probablemente debido al elevado porcentaje de cristalinidad de la misma (>50% determinado por DSC) que evita el hinchamiento excesivo con la consecuente pérdida de selectividad. Del estudio realizado se observa que las condiciones óptimas de trabajo corresponden a los ensayos de PV llevados a cabo a 1.5psig y 50°C, indicando que el PHB es un material promisorio para ser utilizando en la deshidratación de etanol.

## **23 RQ - ESTUDIO DE SORCIÓN DE MEZCLAS CICLOHEXANO/TOLUENO Y METANOL/TOLUENO EN MEMBRANAS DE POLI(3-HIDROXIBUTIRATO)**

**CAPRINI TRINCA, M.M.; VILLEGAS, M.; CASTRO VIDAURRE, E.F;  
GOTTIFREDI, J.C.**

**Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150 - (4400), Salta, Argentina.**

**E-mail: [mvillegas@unsa.edu.ar](mailto:mvillegas@unsa.edu.ar)**

### **Resumen**

Cuando un polímero entra en contacto con una mezcla en líquida, la composición de la mezcla sorbida por el polímero bajo condiciones de equilibrio, difiere de la composición original, debido al fenómeno de sorción selectiva de la matriz polimérica. En nuestro grupo de investigación se desarrolló un método denominado “Desorción por disolución” (DxD) que es apropiado para realizar esta determinación, presentando una serie de ventajas en comparación con los métodos preexistentes. Básicamente consiste en disolver la membrana en un solvente adecuado una vez alcanzado el equilibrio de sorción, de modo tal que pasen a solución los componentes de la mezcla, realizando el análisis cromatográfico para determinar su composición.

El objetivo general fue investigar el comportamiento de sorción de membranas de poli(3-hidroxibutirato) (PHB) frente a mezclas de ciclohexano/tolueno y metanol/tolueno, con miras a ser empleadas como barrera selectiva en la separación de dichas mezclas por pervaporación.

Las membranas de PHB se sintetizaron por la técnica de *casting*, disolviendo el polímero en cloroformo. Luego se procedió a los ensayos de sorción evaluando el grado de sorción total (%S), y la composición sorbida por medio de la técnica de DxD.

Las membranas resultaron uniformes y de morfología densa, indispensables en el proceso de pervaporación. En el caso de la mezcla tolueno/ciclohexano, los resultados de %S indican un comportamiento ideal (crecimiento lineal con la composición de tolueno), por lo que la membrana de PHB no puede distinguir entre ambos componentes careciendo de capacidad selectiva.

En cambio, la curva de %S en función de la composición para la mezcla metanol/tolueno presenta un máximo de sorción, dando lugar a un comportamiento anómalo que indica que existe una fuerte interacción entre los componentes del sistema. Con la conjunción de los datos de %S y DxD, se determinaron los gramos sorbidos de cada uno de los componentes de la mezcla binaria. El comportamiento del metanol es prácticamente ideal, mientras que la anomalía viene dada por el tolueno: al incrementar la concentración de metanol, los gramos de tolueno sorbidos alcanzan un máximo en la zona de 20-30% metanol, que supera al valor del tolueno puro (17%), indicado que la presencia del alcohol contribuye favorablemente en la sorción del tolueno.

La máxima selectividad de sorción es de 5,9 correspondiente a la mezcla al 50%, por lo que se prevé que el PHB será exitoso en la separación de estos compuestos por Pervaporación, etapa de investigación llevada a cabo actualmente.

## **24 RQ - CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS PROTECTORAS DE POLIÉTERÉTERCETONA (PEEK) PARA APLICACIONES INDUSTRIALES**

**CLAVIJO, S.; MEMBRIVES, F.; SANTILLÁN, M.J; SERRANO, G.**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Yrigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina  
E-mail: scclavijo@fcai.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

Uno de los mayores impactos de los fenómenos de corrosión es la continua degradación de las infraestructuras metálicas en la industria. En este estudio, revestimientos de poliéterétercetona (PEEK) se han depositado con éxito por deposición electroforética (EPD) sobre sustratos metálicos con el objetivo de proteger los mismos contra la corrosión en ambientes industriales. Se utilizó una señal de corriente alterna asimétrica (AAC) y un baño electroquímico compuesto por etanol e isopropanol. Se evaluó el efecto de tensiones aplicadas (50, 70, 90 y 120 V) y el tiempo de deposición (2, 6, 10 y 15 min) sobre las características de las películas. Se obtuvieron depósitos uniformes del polímero sobre los sustratos a los cuales posteriormente se aplicó un tratamiento térmico a 343 ° C durante 30 min con una velocidad de calentamiento 10 ° C min<sup>-1</sup> para aumentar la adhesión entre el sustrato y el recubrimiento.

Los recubrimientos protectores fueron analizados por SEM y los resultados mostraron características mejoradas de las películas depositadas por AAC, en términos de homogeneidad y porosidad, en comparación con las muestras preparadas por un proceso de DC continua. El método estadístico elegido para realizar el diseño experimental es el Método de Taguchi. Los métodos estadísticos, tales como el mencionado, puedan ayudar en la reducción drástica del número de experimentos a desarrollar. El método de Taguchi, utilizado en la gestión de la manufactura, se basa en tres etapas: diseño de sistemas; diseño de parámetros; y diseño a medida.

Para estudiar el comportamiento de las películas obtenidas se investigaron las propiedades: resistencia a la compresión, resistencia a la fractura, módulo de elasticidad, dureza, y espesor de los recubrimientos. Para evaluar la resistencia a la corrosión de las películas se midió la velocidad de corrosión del acero ASTM A42 en un medio salino de 3,5% NaCl, y se diseñó una celda de polarización electroquímica. Los resultados obtenidos permiten concluir que la deposición de una capa de polímero sobre acero es efectiva para detener el avance de los fenómenos corrosivos.

## **25 RQ - RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS NANOESTRUCTURADOS REALIZADOS POR DEPOSICIÓN ELECTROFORÉTICA SOBRE ACERO INOXIDABLE PARA SU USO EN INGENIERÍA DE TEJIDOS**

**CLAVIJO, S.; SANTILLÁN, M.J; MEMBRIVES, F.; QUIROGA, G.**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Yrigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina  
E-mail: scclavijo@fcai.uncu.edu.ar**

### **Resumen**

Los metales han sido ampliamente utilizados en las cirugías ortopédicas debido a su elevada resistencia mecánica. Sin embargo fenómenos de desgaste y corrosión alteran su superficie, se liberan partículas o iones al medio con la posibilidad de generar infección de los tejidos. Además, no poseen la capacidad de generar una unión natural con el tejido óseo. Los recubrimientos de biopolímeros sobre sustratos metálicos permiten la protección de los metales ante eventos erosivos y corrosivos, y la incorporación de partículas bioactivas puede generar una unión química con el hueso existente.

En este trabajo se presenta la síntesis y deposición de recubrimientos de Bioglass®/PEEK/chitosan obtenidos por el método de deposición electroforética (EPD). Los mismos se obtuvieron a partir de una suspensión de vidrio bioactivo (Bioglass®), nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  y poliéterétercetona (PEEK) . Los recubrimientos se realizaron sobre placas de acero inoxidable AISI 316L. Se analizó la microestructura de las muestras por microscopía electrónica de barrido y su espesor por perfilometría. Se estudió el comportamiento mecánico y tribológico de los recubrimientos y su bioactividad se analizó por microscopía electrónica de barrido y EDS luego de 21 días de inmersión en solución fisiológica simulada. Los recubrimientos reforzados con nanopartículas demostraron tener espesor y protección adecuados para evitar la permeación de iones Fe del sustrato al medio, mientras que las partículas bioactivas demostraron ser inductoras de hidroxiapatita, primer signo para la regeneración ósea.

## 26 RQ - TENSIONES GENERADAS POR GOLPE DE ARIETE

**PROVENZANO, P.; FERNÁNDEZ, L.; AVIDO, M.**

**Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas –  
Universidad Nacional de La Matanza. Florencio Varela 1903 - (1744) San Justo,  
Provincia de Buenos Aires – Argentina.  
E-mail: pprovenzano@ing.unlam.edu.ar**

### **Resumen**

Se analizaron aspectos vinculados a los efectos del fenómeno de Golpe de Ariete sobre las estructuras que conducen el fluido. Este fenómeno, caracterizado por oscilaciones de la presión del fluido, de periodo fijo y generado comúnmente por una perturbación aplicada al sistema (por ejemplo, apertura y cierre de válvulas) provoca la aparición de tensiones en la estructura que pueden inducir efectos negativos en la misma.

La bibliografía publicada durante las últimas décadas revela que este aspecto ha sido menos estudiados en relación con las oscilaciones de presión que tienen lugar en el fluido circulante durante el Golpe de Ariete, no obstante constituyen parte del proceso transitorio que se genera cuando en fluido en movimiento es perturbado.

Se ha propuesto analizar la vinculación entre el fenómeno estudiado y los efectos arriba citados y comparar su magnitud en función de la presión transiente.

En la primera etapa se ha trabajado en la resolución analítica del modelo de Golpe de Ariete para obtener la solución que permite describir el fenómeno en sistemas simples, de característica constante. El tratamiento del modelo ha sido abordado mediante la aplicación de herramientas analíticas como la *Transformada de Laplace*, y su antitransformación se ha realizado empleando los postulados del *Teorema de Cauchy* y el desarrollo en *Series de Laurent* en el campo complejo, para arribar a la solución que describe las oscilaciones de presión.

En la segunda etapa se introdujeron los fundamentos teóricos del estudio mecánico de esfuerzos en sistemas con el objetivo de hallar una vinculación entre el Golpe de Ariete y las tensiones generadas. El análisis ha sido desarrollado en un sistema con conducción de material de elevada rigidez.

El estudio previo de la compatibilidad entre la teoría implementada en este análisis y las estructuras de transporte de fluido (conductos y cañerías) verificó que estas estructuras cumplen con las condiciones impuestas por la teoría utilizada.

Se ha encontrado que las tensiones muestran un comportamiento del tipo oscilatorio, con cambio brusco de sentido, y sincrónico con la presión instantánea del Golpe de Ariete cuando el material de la conducción presenta elevada rigidez. Este comportamiento análogo y sincronizado está indicando una marcada dependencia de las tensiones respecto de la presión en el Golpe de Ariete.

## 27 RQ - EFECTO DEL TIPO DE SOLVENTE EN LA OBTENCIÓN DE ISOPULEGOL A PARTIR DE CITRONELAL UTILIZANDO ZIRCONIA SULFATADA COMO CATALIZADOR

ZAMBÓN, S. N.<sup>1</sup>; CHAMORRO, E. R.<sup>1</sup>; MORALES, W. G.<sup>1</sup>; CASUSCELLI, S.C.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> QUIMOBÍ – IMIT (Facultad Regional Resistencia UTN y CONICET), French, 414 (3500) Resistencia, Argentina.

E-mail: [silzambon@frre.utn.edu.ar](mailto:silzambon@frre.utn.edu.ar) ; [snzambon@gmail.com](mailto:snzambon@gmail.com)

<sup>(2)</sup> CITEQ (Facultad Regional Córdoba UTN y CONICET) Maestro López y Cruz Roja Argentina (5016) Córdoba, Argentina.

### Resumen

El isopulegol es un monoterpeno cíclico, se lo utiliza como ingrediente de fragancias, cosmética decorativa, fragancias finas, champús, jabones de baños, así también como productos no cosméticos, como los de limpieza para el hogar y detergentes. El (-)-isopulegol se lo emplea como intermediario en la síntesis de (-)-mentol el cual tiene aroma refrescante. Se lo puede obtener por síntesis a partir de citronelal, monoterpeno más económico que el anterior que proviene de los aceites esenciales de citronela (*Cymbopogon nardus*) y eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*). La reacción sucede en presencia de catalizadores de tipo ácido como la zirconia sulfatada teniendo gran importancia el empleo de un solvente adecuado en la actividad y selectividad de esta reacción.

El objetivo del presente trabajo fue seleccionar un solvente adecuado para la reacción de ciclización de citronelal utilizando zirconia sulfatada como catalizador. Así se busca aumentar la conversión y selectividad hacia isopulegol.

El citronelal fue separado del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon nardus*) por destilación fraccionada al vacío, se identificaron y cuantificaron los componentes por GC-MS y GC-FID respectivamente.

El catalizador fue preparado por el método de precipitación a pH controlado y luego impregnado con solución de ácido sulfúrico y caracterizado por difracción de rayos X, área específica, el contenido de azufre se midió por fluorescencia de rayos X y la acidez por adsorción-desorción de piridina. Los parámetros fijos de reacción fueron: tiempo de reacción 6 hs., solvente 1,48 g, citronelal 1,48 g, zirconia sulfatada calcinada a 600°C 1%. Las variables estudiadas fueron: temperatura de reacción, 70 y 100°C y diferentes solventes, acetonitrilo, tert-butanol y tolueno.

Los resultados muestran que a 100°C y con tert-butanol se alcanza una conversión del 99% de citronelal y una selectividad a isopulegol del 34% con tolueno 94% y 32% y con acetonitrilo 4% y 13% respectivamente. A 70°C el tert-butanol tuvo una conversión de 76% y selectividad 29%, el tolueno 53% y 58%, mientras que el acetonitrilo 6% y selectividades a isopulegol del orden 5%. Estos resultados pueden explicarse teniendo en cuenta que el tert-butanol es un solvente polar prótico el cual puede formar puente de hidrógeno con los dobles enlaces C-C y C-O del citronelal, y con el sitio activo del catalizador, acercando los extremos de la molécula lineal del citronelal sobre la superficie del sólido, favoreciendo la ciclización. Mientras que el acetonitrilo, un solvente polar aprótico, interacciona fuertemente con el catalizador evitando la interacción del sitio activo con el reactivo, y por ende su inactivación.

## **28 RQ - INFLUENCIA DE LA ALTERACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PÓRFIDOS AURÍFEROS. EVALUACIÓN MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS. (ULTRASONIDOS Y ANÁLISIS GEOQUÍMICOS)**

**CASTRO, M. I.; HIDALGO, N.; MATTAR, M. A.; CANO, E.; WETTEN, A.; MEISEL A.**

**Instituto de Investigaciones Mineras- Lab. De Mecánicas de Rocas- UNSJ- Av. Lib. Gral. San Martín 1109 (Oeste)-San Juan 5400. <[ines\\_castro533@hotmail.com](mailto:ines_castro533@hotmail.com)>**

### **Resumen**

Las propiedades índices permiten describir las rocas de una manera sencilla y predecible con respecto de su comportamiento en ingeniería. El objeto de este trabajo es encontrar los índices de alteración por medio de los cuales se relacionen los resultados de la medición de las velocidades de propagación del pulso ultrasónico con la resistencia a la compresión simple de pórfidos auríferos y las propiedades de la abrasión y petrográficas con los índices químicos. La importancia de las técnicas no destructivas, tales como la velocidad de propagación del pulso ultrasónico radica en la evaluación indirecta de los parámetros petrográficos de las rocas. Estos parámetros consisten en la heterogeneidad de las rocas, coeficiente de anisotropía, el grado de alteración, tamaño del grano, la composición mineralógica y el grado de fisuración. (Martínez-Martínez, 2006). Estas propiedades inciden directamente en las características mecánicas de las rocas, tales como la resistencia a la compresión simple que es un parámetro de medición de la resistencia de la roca requerida en la extracción de minerales metalíferos en obras mineras. Estas técnicas no destructivas tienen distintas ventajas, tales como: la rapidez de la adquisición de datos y la aplicación tanto in situ como en laboratorio y tampoco depende de la forma de la muestra. El índice usado para éste trabajo es una modificación del índice de Illiev (Illiev, I. S.-1969; Heidari, M., Khanlari, G.R., Momeni, A.A.-2010), quien lo utilizó para determinar los grados de meteorización de una roca. Para ello se obtuvieron muestras de corona a las que se estudiaron petrográfica y mineralógicamente para determinar el tipo y grado de alteración, clasificando a las muestras según sus alteraciones en: silicificadas, propilíticas, filíticas y con sulfuros diseminados. Para correlacionar el índice propuesto, con la resistencia a la compresión simple, se realizó un análisis estadístico utilizando el software statgraphics. A partir de este análisis se ha encontrado que todas las alteraciones exceptuando a la silicificación, los modelos responden a una relación lineal significativa. (Best, A. I., C. McCann., J. Sothcott-1994). Debido a este análisis estadístico y a los resultados arrojados, se trató de buscar otro índice que pudiera explicar las muestras con alteración silíceas, realizando ataques químicos y encontrando un Índice Químico apropiado que describa las muestras, ya que existen varios índices químicos referidos a la meteorización, por lo cual fue adaptado al proceso hidrotermal de las muestras analizadas. Encontrando relaciones estadísticas como logarítmicas y polinómicas explicando el proceso hidrotermal silíceo.



## 29 RQ - MODELIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLOR EN MORTEROS EXPUESTOS A DIFERENTES AMBIENTES

GAISCH, A. <sup>1</sup>; LOPÉZ, A. <sup>2</sup>

1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.  
Av. del Valle 5737 – (7400) Olavarría, Buenos Aires. Argentina

E-mail: agaisch@fio.unicen.edu.ar

2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI- UNLP). 47  
y 116 – (1900) La Plata. Argentina.

### Resumen

El hormigón conocido como arquitectónico es un hormigón utilizado cuando se requiere color y textura. Este material realizado a base de cemento pórtland presenta infinitas posibilidades de apariencia que lo convierten en uno de los materiales más atractivos elegidos por los diseñadores de la arquitectura moderna. La estabilidad del color depende de la calidad del pigmento y de la durabilidad del hormigón en la superficie. Habitualmente, los estudios en morteros permiten verificar la reproducción del color evitando la elaboración de hormigones de prueba. En esta presentación se analizó la evolución del color en morteros preparados con cantidades variables de colorante y expuestos a diferentes ambientes, con intención de modelizar dicha variación. Los modelos obtenidos se realizaron utilizando como herramienta matemática a las regresiones lineales múltiples, las cuales permiten analizar de manera conjunta la influencia de varias variables independientes (edad, porcentaje de colorante) sobre una variable dependiente (parámetros colorimétricos). Se evaluaron morteros realizados con cemento gris y contenido creciente de pigmento amarillo (2, 4 y 6% en peso del cemento). Se utilizó un superfluidificante con un contenido igual a 0.40%. Se mantuvo una relación agua/cemento de 0.50. Las mezclas se realizaron con agua potable de red y como agregado se utilizó una arena silíceá natural y piedras partida granítica de tamaño máximo 12 mm. Las probetas fueron expuestas en dos ambientes diferentes: una cámara seca (con condiciones de humedad y temperaturas controladas) y otro industrial. El tiempo máximo de exposición fue de 18 meses. Las mediciones para evaluar el color se efectuaron con un espectrofotómetro Gadner BYK, expresando las coordenadas de color en el sistema CIELAB. Para el análisis estadístico se empleó el programa STATGRAPHICS Centurion XV.

Se obtuvieron regresiones múltiples, como las que se muestran a continuación:

Ambiente	Regresión lineal Múltiple	R <sup>2</sup>
Controlado	$L^* = 65.66 - 0.0038 E - 0.475 CC$	92 %
Industrial	$C^* = 13.95 - 0.000062 E + 2.94 CC$	98%

C\*: saturación, L\*: luminosidad E: edad, CC: concentración del colorante. Nivel de confianza: 95%. Se utilizó un test t, para calcular la precisión de la prueba. Las ecuaciones obtenidas con las variables analizadas y en las condiciones establecidas, presentaron valores aceptables de correlación. De las mismas es posible inferir el comportamiento colorimétrico a edades y porcentajes no ensayadas, pudiéndose establecer tendencias a largo plazo. Se evidenció una muy buena estabilidad del color cuando las condiciones ambientales fueron estables y la variación fue mayor cuando las muestras estuvieron expuestas en el ambiente industrializado. Este hecho indica que la solidez del color está comprometida en ambientes naturales.

### **30 RQ - OBTENCIÓN DE FAME POR VÍA ENZIMÁTICA UTILIZANDO ACEITE DEL COCO DE LA PALMERA ACROCOMIA ACULEATA Y ETANOL**

**MONTESANO, J.; HUTIN, A.; TURCHETTI, M.; KNUDSEN.; FONTAL A, L; ZARRABEITÍA M. C.**

**1. Universidad Católica Argentina UCA- Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Grupo de Bioenergía. Alicia Moró de Justo 1500, Tel. 4349-0200, Puerto Madero. Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
E- mail [juanmontesano45@gmail.com](mailto:juanmontesano45@gmail.com)**

#### **Resumen**

**Introducción:** El biodiesel o metil ésteres de ácidos grasos (fatty acid methyl ester, FAME) de cadena larga, es un biocombustible que ha sido propuesto como una alternativa para sustituir parcialmente el diesel. El FAME es producido convencionalmente a través de la reacción de transesterificación, en donde aceites vegetales y metanol reaccionan en presencia de un catalizador básico para producir FAME y glicerol como residuo o subproducto.

A pesar de que el proceso convencional de producción de FAME ha sido ampliamente utilizado, éste presenta falencias tanto ambientales como económicas. En la producción convencional de FAME se utilizan sales alcalinas tales como el NaOH, las cuales reaccionan con el metanol para generar metóxido como catalizador. El uso de estos catalizadores, genera residuos líquidos, debido a que se requiere una etapa de lavado del FAME al final del proceso, necesaria para eliminar las sales alcalinas utilizadas. Por otro lado, los aceites vegetales utilizados en este proceso (que provienen mayormente de soja en nuestro país), presentan un costo elevado, incrementando el valor del producto final por sobre los del combustible fósil.

**Objetivo:** Es presentar una propuesta, más ecológica y de factibilidad técnica, para la fabricación de biodiesel, usando un aceite de segunda generación, etanol en lugar de metanol con una enzima soportada, como catalizador.

**Metodología:** La reacción se realiza en un reactor discontinuo (batch) de 1 litro, con agitación continua a 30 °C, en tiempos largos de reacción (7-9hs) con una relación molar alcohol: aceite vegetal de 3:1

**Resultados y Conclusiones:** En este trabajo se presentan los resultados de la revisión bibliográfica sobre la influencia de variables tales como temperatura, intensidad del mezclado, tiempo de reacción, tipo de alcohol, concentración molar alcohol: aceite vegetal, posible reutilización del biocatalizador, ácidos grasos libres sobre el rendimiento en la producción. En la catálisis enzimática de aceites vegetales se alcanzan rendimientos superiores al 90%,

Además, se encuentra, que el contenido de ácidos grasos y de humedad no son parámetros que requieran un control riguroso debido a la alta especificidad de las enzimas.

Pretendemos compartir la experiencia en el desarrollo de un proceso batch, enzimático de producción de etil ésteres de ácidos grasos, utilizando enzima(lipasas) inmovilizadas como catalizador y aceite de coco de la palmera *Acrocomia* (especie oriunda del Paraguay, norte y noreste Argentino) y etanol como materias primas.

## **31 RQ - DESORCIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN PELÍCULAS SOPLADAS DE NANOCOMPUESTOS DE POLIPROPILENO/TALCO**

**GENOVESE, C.<sup>1</sup>; CASTILLO, L.<sup>2</sup>; BARBOSA, S.<sup>2</sup>**

**1. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Sur. Avenida Alem 1253 - (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires. Argentina**

**2. PLAPIQUI (CONICET-Universidad Nacional del Sur). Camino La Carrindanga km. 7 – (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: [lcastillo@plapiqui.edu.ar](mailto:lcastillo@plapiqui.edu.ar)**

### **Resumen**

En los últimos años, el envasado de productos empleando películas poliméricas ha experimentado un rápido y continuo crecimiento, impulsado por la demanda de los consumidores hacia nuevas y mejores prestaciones. Además de proteger y preservar la calidad del producto durante el almacenamiento y distribución, el envase es uno de los responsables de la absorción y liberación de aromas, siendo éste uno de los factores que definen la aceptabilidad del producto envasado. En tal sentido, la incorporación de aromas en el material de envase puede ser usada con el fin de mejorar la calidad sensorial del producto. Particularmente, en el campo del envasado, los polímeros más usados son las poliolefinas, dentro de las cuales se encuentra el polipropileno (PP) que presenta buenas propiedades finales, fácil procesamiento y relativo bajo costo. Sin embargo, debido a la elevada inercia química de este polímero, la retención de aromas en sus películas es muy baja. Una de las alternativas para superar esta deficiencia consiste en utilizar envases a partir de películas de PP cargado con partículas minerales, pudiéndose alcanzar una liberación controlada y prolongada del aroma en el tiempo. Por otra parte, el empleo de estas películas sería doblemente provechoso debido a que presentan propiedades finales mejoradas y que pueden ser diseñadas “a medida”.

El objetivo de este trabajo es estudiar la retención de aromas en películas nanocompuestas sopladas a escala banco de PP conteniendo partículas de talco de diferentes morfologías cristalinas (micro- y macrocristalina). Se estudió la desorción de aceite esencial de limón (limoneno) para distintas concentraciones de talco (0, 1 y 5 % p/p). El proceso de liberación de aromas se evaluó utilizando tres técnicas independientes y complementarias como gravimetría, termogravimetría y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier.

La presencia de talco obstaculizó la difusión del aroma al aumentar la trayectoria por la cual las moléculas gaseosas difunden a través de la película. De esta manera, el aroma fue retenido en las películas nanocompuestas durante un tiempo más prolongado en comparación con el del PP. Además, se observó que el incremento del contenido de talco en la película favoreció la retención del aroma. En cuanto a la influencia de la morfología cristalina del mineral, las películas con talco macrocristalino presentaron una liberación más lenta del aroma en comparación con las que contienen talco microcristalino. De esta manera, se podría alcanzar una liberación controlada del aroma en las películas nanocompuestas, variando la concentración y morfología cristalina del talco.

## **32 RQ - ANÁLISIS DE CALIDAD DE TEÑIDO EN FIBRA DE ALGODÓN USANDO LÍQUIDOS IÓNICOS PRÓTICOS**

**IGLESIAS, M.<sup>1</sup>; ANDRADE, R.S.<sup>1</sup>; MAZZER, H.<sup>2</sup>; CARDOZO-FILHO, L.<sup>2</sup>;  
CROSCATO, G.<sup>2</sup>; RIBEIRO, F.R.G.<sup>2</sup>**

**1. Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia. Federação, 40210-630,  
Salvador, Bahia. Brasil**

**E-mail: miguel.iglesias@ufba.br**

**2. Universidade Estadual de Maringá. Jardim Universitário, 87020-900, Maringá,  
Paraná. Brasil**

### **Resumen**

Los procesos de teñido son extremadamente importantes para la diferenciación y comercialización de productos textiles. El proceso de teñido tiene lugar cuando se fijan en las fibras moléculas de colorantes, siendo agua el solvente industrial mas importante [1]. La temperatura, el tiempo de contacto y la naturaleza del solvente, son los factores clave. Actualmente, hay un gran interés en encontrar solventes alternativos para este proceso con un doble objetivo, reducir la enorme cantidad de agua consumida y mejorar la calidad del proceso de teñido, respetando los valores ambientales que la sociedad actual demanda.

Los líquidos iónicos pueden ser usados como poderosos solventes debido a su amplia “ventana” en estado líquido a diferencia de otros solventes orgánicos convencionales. Los llamados líquidos iónicos próticos (LIP’s) presentan ventajas adicionales debido a su síntesis simple, bajo coste y biodegradabilidad [2]. En este trabajo se presenta un estudio de parámetros de calidad (tensile strength y fade resistance) en el teñido de fibras de algodón con líquidos iónicos próticos como medio de tinción.

Los tests de resistencia a desgaste no indicaron variación significativa en el color de tejido, lo que comprueba la calidad de la fijación del colorante. En cuanto a la resistencia a tracción y estiramiento, el valor máximo de las curvas de estiramiento de tejido en función de fuerza de tracción, así como el estiramiento porcentual, indican que después de teñido con líquidos iónicos próticos, la capacidad elástica y de tracción del tejido aumentó en relación a los tejidos no teñidos o teñidos con agua por el proceso convencional.

### **33 RQ - DESARROLLO DE FILMS DELGADOS A PARTIR DE COPOLÍMEROS BLOQUE CON MORFOLOGÍA CONTROLADA**

**PASSARETTI, M.G.<sup>1</sup>; VEGA, D.A.<sup>2</sup>; VILLAR, M.A.<sup>1</sup>**

**1. Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Camino “La Carrindanga” Km. 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina**

**E-mail: [mgpasaretti@plapiqui.edu.ar](mailto:mgpasaretti@plapiqui.edu.ar), [mvillar@plapiqui.edu.ar](mailto:mvillar@plapiqui.edu.ar).**

**2. Instituto de Física del Sur, IFISUR (UNS-CONICET), Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, Argentina**

**E-mail: [dvega@uns.edu.ar](mailto:dvega@uns.edu.ar).**

#### **Resumen**

El estudio de los procesos de auto-organización ha sido, durante la última década, de gran interés tanto en la ciencia de materiales como en la nano y bio-tecnología.

Los copolímeros bloque son ejemplos bien conocidos de sistemas auto-organizativos y han atraído la atención tanto básica como tecnológica debido a su capacidad para formar estructuras altamente ordenadas con dimensiones características en el rango de 10 a 100 nm; valores muy difíciles de alcanzar con tecnologías convencionales top down.

En la actualidad, la ingeniería de estructuras altamente ordenadas a nanoescala ha permitido la generación de una nueva familia de materiales con propiedades novedosas e importantes posibilidades de aplicación. El objetivo final de este trabajo es la obtención de materiales nanoporosos los cuales podrían ser utilizados como membranas para separación molecular, filtración de virus, entre otros. En una primera etapa se trabajó en la obtención de films de copolímeros tribloques orientados macroscópicamente, los que en una etapa posterior serán transformados mediante la remoción del componente de menor proporción. Para el alineamiento y la obtención de los films se utilizó la técnica de roll-casting, la cual permite obtener un film con estructuras organizadas macroscópicamente por medio de la aplicación de efectos de corte y elongacionales. Se utilizaron copolímeros tribloques comerciales poli(estireno-*b*-butadieno-*b*-estireno) (SBS) con un porcentaje de estireno de aproximadamente 28 % en masa (alcanzándose una morfología de cilindros de poli(estireno) en una matriz de poli(butadieno)). Con estos copolímeros se prepararon soluciones de distintas concentración utilizando como solventes xileno y cumeno, las cuales fueron sometidas a una evaporación lenta del solvente en el equipo de roll-caster durante 5 a 6 horas. El film resultante, una vez removido de los rodillos, fue sometido a temperatura y vacío para la remoción del solvente remanente y a diferentes tratamientos térmicos para mejorar la orientación. La morfología y las propiedades finales de los films obtenidos, se caracterizaron mediante técnicas de microscopía electrónica de barrido y transmisión (SEM y TEM), microscopía de fuerza atómica (AFM), difracción de rayos X de pequeño ángulo (SAXS), ensayos mecánicos de tracción y reología. Mediante TEM y SAXS se observó la orientación de los cilindros de PS en la matriz de PB la cual fue confirmada midiendo el módulo elástico en la dirección de los cilindros y en la dirección perpendicular a los mismos (matriz de PB).

## 34 RQ - DESCRIPTORES MOLECULARES Y CONTRIBUCION DE GRUPOS PARA ESTIMAR LA TEMPERATURA DE FUSIÓN DE LÍQUIDOS IÓNICOS

VALDERRAMA, J.O.<sup>1,2</sup>; ARCE, P.F.<sup>3</sup>; ROJAS, R.E.<sup>4</sup>

1. Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, La Serena, Chile ([jvalderr@userena.cl](mailto:jvalderr@userena.cl))

2 Centro de Información Tecnológica (CIT), La Serena, Chile

3.- Univ. de São Paulo, Escuela de Ing. de Lorena, Lorena-SP, Brasil

4. Univ. de La Serena, Depto. de Química, La Serena, Chile

### Resumen

Se presenta un método de contribución de grupos (MCG) que incorpora descriptores moleculares derivados de la química computacional para la estimación de la temperatura de fusión ( $T_f$ ) de líquidos iónicos (LIs). Se exploran varias combinaciones de ecuaciones y descriptores moleculares para obtener el modelo que mejor combine simplicidad y exactitud de los resultados. Se ha explorado el uso de diez descriptores entre los que se encuentran descriptores relacionados con las conexiones de los grupos (índice de conectividad másica  $\lambda_m$ , índice de conectividad de Randic  $\lambda_R$ ), tamaño de los grupos (masa del catión  $M^+$ , masa del anión  $M^-$ , volumen de van der Waals  $v$ ), entre otros. Se usó el software Dragon6 de la empresa italiana Talete para determinar los descriptores.

La temperatura de fusión es una de las propiedades que mejor identifican a los líquidos iónicos (LIs) y su definición: sustancias formadas solo por iones y con temperaturas de fusión bajo 100°C. Se ha encontrado también que la temperatura de fusión de los LIs está de alguna forma relacionada con la estructura y composición (tipo de anión y de catión) del líquido iónico. Este último concepto indica que el método de contribución de grupos (MCG) puede ser una buena alternativa como método de estimación de la temperatura de fusión de LIs.

En los MCG la propiedad de un compuesto es calculada a partir del conocimiento de su estructura molecular, sumando la contribución de ciertos grupos de átomos definidos en forma arbitraria y considerando al mismo tiempo la frecuencia con que cada grupo está presente en la molécula. Si se dispone de datos experimentales de  $T_f$  (la propiedad  $X$  en el MCG) para un número  $N$  sustancias es posible plantear  $N$  ecuaciones de la forma  $X=f(X_i, G_i)$  con un número “ $n$ ” de incógnitas y “ $m$ ” parámetros, siendo “ $n$ ” el número de grupos que permiten representar las  $N$  sustancias ( $N>n$ ) y los “ $m$ ” parámetros del modelo propuesto. Como el número de ecuaciones  $N$  es mayor que el número de incógnitas ( $n+m$ ), el problema se transforma en uno de optimización, donde se trata de buscar el valor de las ( $n+m$ ) incógnitas que hagan mínimo el valor de una función objetivo  $F$  definida. Los modelos estudiados hasta la fecha consideran la contribución directa de los grupos y diversas combinaciones entre los descriptores.

Los descriptores moleculares representan una buena alternativa como parámetros que permiten distinguir el comportamiento variable de la temperatura de fusión de LIs en métodos de contribución de grupos. Sin embargo, con los estudios realizados hasta la fecha se obtienen desviaciones máximas muy altas para algunos casos aislados. Se requiere ampliar el estudio para buscar los descriptores y modelos más adecuados para disminuir las desviaciones máximas.+

## **35 RQ - EVALUACION EXPERIMENTAL DE PARAMETROS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS DE INTERES REGIONAL**

**CARULLO,C.<sup>1</sup>; CASTRO,D.; GENTILE,A.; MARTINEZ,S.A.**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina  
E-mail: [ccarullo@fcai.uncu.edu.ar](mailto:ccarullo@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

El estudio de los procesos industriales y de servicios que involucran la transferencia de calor entre fluidos con el objeto de disminuir y hacer más eficientes los consumos energéticos, actualmente tiene plena vigencia. Con frecuencia, la transferencia de calor en convección forzada sin cambio de fase, constituye la etapa controlante del transporte global de energía, tanto en operaciones de calentamiento como de enfriamiento u otras necesidades térmicas. Este trabajo partió de la necesidad de revisar cuánto ajustan los modelos predictivos en uso con relación al comportamiento real de fluidos específicos de interés regional. Se desarrolló equipamiento específico para el intercambio térmico entre un fluido de proceso y el servicio térmico, ambos en convección forzada sin cambio de fase. La instalación piloto incluyó un intercambiador principal del tipo doble tubo, de 4.0 metros de longitud, sistemas de calefacción y enfriamiento con lazos de control térmico, un grupo de bombas de impulsión, y sistemas de operación, medición y control. El equipamiento fue desarrollado para operar en un amplio rango de experimentación con relación al régimen hidráulico del fluido de proceso. Además de realizar tanto corridas de enfriamiento como de calentamiento, según necesidades. Se fijaron como factores independientes el caudal másico del fluido de proceso y el nivel térmico. Se desarrollaron estrategias metodológicas de acondicionamiento de datos experimentales y de cálculo de parámetros térmicos que permitieron estimar los coeficientes peliculares en convección forzada para cada una de las corridas, a partir de los cuales inferir el número de Nusselt experimental correspondiente, como variable dependiente. Tanto los factores independientes como la variable dependiente se evaluaron en serie de tiempo, y se procedió al análisis de datos en los intervalos de estado cuasi-estacionarios detectados. Para las corridas preliminares de calentamiento de agua, la verificación y contrastación con los modelos vigentes se hizo por comparación del número de Nusselt experimental con los valores resultantes de aplicar las ecuaciones de Sieder & Tate, Gnielinski y la ecuación específica para el agua. Los valores de Nusselt calculados por la correlación de Sieder & Tate se ubicaron, en su mayoría, por debajo de los valores experimentales, e incluso algunos fuera del intervalo de variación; mientras que tanto la ecuación específica para el agua como el modelo de Gnielinski predijeron valores más ajustados a los datos experimentales, incluidos casi en su totalidad dentro del rango de variación.

## **36 RQ - DIFUSION DE OXÍGENO EN TUBERIAS POLIMERICAS EN INSTALACIONES DE CALEFACCION**

**CARULLO,C.<sup>1</sup>; CASTRO,D.; GENTILE,A.; NOGUEROL,M.; MOYANO, I.**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina  
E-mail: [ccarullo@fcai.uncu.edu.ar](mailto:ccarullo@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

La implementación de políticas sociales tendientes a atender necesidades habitacionales, junto al aumento del nivel adquisitivo promedio, redundan en un aumento de magnitud, en las actividades del sector de la construcción, lo cual moviliza principalmente industrias primarias y de servicios relacionados. Tal panorama de crecimiento se vincula con el acceso a un mayor confort y una mejor calidad de vida. En particular desde hace un tiempo se discuten diversas alternativas relacionadas a los servicios térmicos habitacionales domésticos. Entre los sistemas de calefacción con amplia difusión se destacan tanto los sistemas por radiadores de agua caliente, como los pisos y zócalos radiantes. Muchos de estos sistemas emplean tuberías poliméricas simples y compuestas, disponibles comercialmente. Debido a que el oxígeno disuelto provoca el deterioro parcial de los distintos elementos, sobre todo los radiadores de calefacción, en este contexto se propone investigar y cuantificar el transporte y difusión de oxígeno desde el aire hacia el agua de calefacción, por un gradiente de concentración, para un circuito típico de calefacción por radiadores de agua caliente, con el fin de comparar costos, prestaciones y rangos operativos de materiales y accesorios de tuberías con y sin barrera difusional contra el oxígeno ambiente. Se propone determinar la velocidad de difusión de oxígeno atmosférico al agua de calefacción, y cuantificar y modelizar el coeficiente de difusión efectiva de oxígeno. Se planea la construcción de una instalación piloto de calefacción por radiadores, formado por termo caldera, radiador de calefacción de aluminio, bomba de circulación, banco de tubería, tanque de expansión y sistema de control de temperatura. Como factores independientes se establecen el material de tubo, la temperatura de fluido calefactor y el caudal de circulación. Como variable dependiente se fija la concentración de oxígeno en agua, cuantificada en serie de tiempo, que permitirá luego estimar la velocidad de difusión de oxígeno. Se propone, entonces, un diseño experimental mezclado  $2 \times 3^2$  (18 corridas), que resulta de duplicar un diseño  $3^2$  para cada nivel de caudal de circulación, más 6 réplicas en el punto central a fin de dar fortaleza al diseño, con un total de 24 experimentos. Se espera aportar elementos y criterios que faciliten una adecuada evaluación y selección de la oferta comercial de los accesorios, y contribuir a la formación de recursos humanos, tanto en el área práctica como de investigación, y su proyección directa a la formación de grado.



**37 RQ - SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLI (DIMETILSILOXANO)  
(PDMS) EMPLEANDO POLIMERIZACIÓN POR APERTURA DE ANILLO (ROP)  
Y BASES INORGÁNICAS**

**REDONDO, F.L.; MÜLLER, C.; HANAZUMI, V.; VILLAR, M.A.; CIOLINO, A.E.**

**Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS- CONICET) – Departamento de Ingeniería Química (UNS), Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina**

**E-mail: flredondo@plapiqui.edu.ar, cmuller@plapiqui.edu.ar ,  
mvillar@plapiqui.edu.ar, aciolino@plapiqui.edu.ar**

**Resumen**

El poli (dimetilsiloxano) (PDMS) es un derivado orgánico de silicio ópticamente transparente, inodoro, químicamente inerte, no tóxico, no corrosivo y no inflamable. Es resistente a temperaturas extremas (-60 a 250 °C), a la interperie, al ozono, a la radiación UV y a la humedad; y posee además excelentes propiedades dieléctricas, baja tensión superficial, baja temperatura de transición vítrea, permeabilidad al oxígeno, biocompatibilidad, alta hidrofobicidad y alta elasticidad.

En este trabajo se estudió la síntesis de PDMS mediante polimerización por apertura de anillo (ROP, por sus siglas en inglés) empleando distintas concentraciones de bases inorgánicas (tales como KOH e NaOH), tiempos y temperaturas de reacción. Los polímeros sintetizados se compararon con los que se obtienen empleando polimerización aniónica clásica. En una primera etapa, se obtuvo un silanolato de potasio por reflujo en tolueno a 110 °C. Posteriormente, este silanolato se utilizó como iniciador para la apertura de hexametil (ciclotrisiloxano) monómero ( $D_3$ ) en tolueno, empleando metanol como agente de finalización. Se evaluaron diferentes temperaturas y tiempos de reacción, y los PDMS sintetizados fueron caracterizados químicamente empleando espectroscopía infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y cromatografía por exclusión de tamaños (SEC).

Los PDMS obtenidos empleando como iniciador bases inorgánicas (tales como KOH e NaOH) no presentan diferencias sustanciales con los sintetizados mediante polimerización aniónica clásica. La distribución de masas molares y las masas molares promedio pueden ser controladas a través de las condiciones de síntesis (tiempo, concentración de base y temperatura). En una etapa posterior se evaluará la posibilidad de obtener copolímeros bloque en base siloxano como así también homopolímeros telequélcos con grupos funcionales específicos.

## **38 RQ - MODELADO Y SIMULACION DE LA DESTILACIÓN MOLECULAR APLICADA A MEZCLAS MULTICOMPONENTES**

**MIRÓ, S.<sup>1</sup>; PRAMPARO, M.<sup>2</sup>; PREIDIKMAN, S.<sup>3</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis. Ruta 148 Ext. Norte - (5730) Villa Mercedes, San Luis. Argentina**

**E-mail: [smiro@fices.unsl.edu.ar](mailto:smiro@fices.unsl.edu.ar)**

**2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 KM 601 - (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina**

**3. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Avenida Vélez Sarsfield 299 - (5000) Córdoba, Córdoba. Argentina**

### **Resumen**

La operación de destilación molecular, o destilación de camino corto, es una técnica de separación muy utilizada en la purificación de compuestos de baja volatilidad y termolábiles. Consiste en la evaporación de los componentes de una mezcla que desciende, generalmente en forma de película, en contacto con una superficie calefaccionada y su posterior condensación en una superficie fría cercana a la anterior (2-7 cm). La presión de trabajo es del orden de  $10^{-4} - 10^{-6}$  atm. En estas condiciones, la volatilidad relativa de los componentes se incrementa y la temperatura de operación se reduce, permitiendo la separación de compuestos que a mayores temperaturas se degradan o desnaturalizan. A estas presiones de operación, las moléculas que se evaporan prácticamente no sufren choques pues recorren un camino corto antes de su condensación y acceden a la superficie del condensador sin demora. Así, se desarrollan altas velocidades de evaporación y se reduce el tiempo de residencia de las moléculas en el proceso. Bajo condiciones de corto tiempo de residencia y baja temperatura, se evita en gran medida la descomposición térmica de los componentes de la mezcla y se produce la separación a velocidades tecnológicamente aceptables.

En este trabajo se desarrolla un modelo matemático para simular la destilación molecular de mezclas líquidas multicomponentes. El mismo consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, está basado en los principios de los Fenómenos de Transporte y se resuelve mediante un método implícito de diferencias finitas a implementar en Matlab mediante un código computacional. Dicho modelo se aplica al estudio de la destilación molecular de mezclas oleosas.

Para su resolución se utilizó un procedimiento de predicción de propiedades físicas, termodinámicas y de transporte de una mezcla lipídica, para obtener las constantes físicas mediante el método de contribución de grupos de Joback.

El modelo matemático propuesto se validó con datos experimentales disponibles en bibliografía, encontrándose buena concordancia entre los resultados de la simulación y los respectivos datos experimentales. De un análisis de sensibilidad del modelo se observa que las propiedades de mayor influencia son las presiones de vapor de los componentes destilados en mayor cantidad, y en menor grado la densidad de la mezcla.

## **39 RQ - ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE UN CICLÓN**

**PICO, L. O.; PETIT, H. A.; IRASSAR, E. F. BARBOSA, M.R.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. A. del Valle 5737 - (7400) Olavarría. Argentina  
E-mail: lpico@fio.unicen.edu.ar**

### **Resumen**

Desde hace más de un siglo, los separadores ciclónicos se utilizan ampliamente en diversas industrias. Tradicionalmente el diseño se realizó sobre una base de empirismos. En los últimos años, el desarrollo de la fluidodinámica computacional proporciona una poderosa herramienta en el estudio del flujo complejo en el ciclón.

La combinación de ambas técnicas de estudio potencia la posibilidad de realizar de un modo pragmático el diseño de ciclones considerando demandas específicas de la industria.

Objetivos: (1) Estudiar la eficiencia de separación de un ciclón correlacionando datos experimentales con simulaciones de flujo. (2) Analizar la influencia del fenómeno de resuspensión.

Metodología: Se trabajó experimentalmente en un sistema de separación constituido por un ciclón, un dosificador de polvo, un filtro de mangas y un ventilador. Se emplearon polvos de diferentes granulometrías. Se midieron velocidades de entrada en el rango de de 10 a 20 m/s y temperatura ambiente. Las granulometrías se obtuvieron empleando un analizador láser. En cada experiencia se determinó la caída de presión entre la entrada y la salida del ciclón.

Se realizaron simulaciones numéricas para contrastarlas con los resultados experimentales. A partir de datos de las simulaciones se construyeron las curvas de eficiencia fraccional para cada condición de operación estudiada. A partir de estas curvas se determinó el tamaño de corte.

Resultados: La eficiencia de separación aumenta a medida que lo hace la velocidad de entrada. Sin embargo, por encima de 16 m/s la calidad de separación disminuye, debido a que ocurre el fenómeno de resuspensión. El movimiento caótico que se genera produce una apreciable turbidez en la tolva. En cada experiencia se obtuvo la caída de presión, como diferencia entre la entrada y la salida del ciclón.

Las simulaciones numéricas para diversos escenarios, realizadas a temperaturas ambiente y para diferentes velocidades muestran tendencias coincidentes con las obtenidas a partir de la información experimental. También las curvas de eficiencia exhiben buen acuerdo entre ambos enfoques de estudio. Las imágenes capturadas muestran características del flujo de partículas, incluyendo la presencia de la resuspensión. El buen acuerdo entre datos experimentales y resultados numéricos permitió la validación de las simulaciones.

Conclusiones: Las simulaciones logran reproducir adecuadamente las experiencias desarrolladas en el sistema de separación. Esta buena concordancia permitió validar los modelos numéricos, por lo que la extrapolación de éstos resulta razonablemente confiable. Se logró caracterizar el fenómeno de resuspensión, tanto desde el punto de vista experimental como mediante la simulación numérica.

## **40 RQ - LA EXPLOTACIÓN ACTUAL DE LITIO EN ARGENTINA. ESTUDIOS PRELIMINARES DE INTELIGENCIA ESTRATÉGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BATERÍAS DE LITIO NACIONALES**

**ARREDONDO, M.; CÁMARA C.; ODINO V.; LUQUE V.; GRABOIS M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> **Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral - Santiago del Estero 2829 - (S3000AOM) Santa Fe. Argentina.**

**Email: matiasmarredondo@gmail.com**

<sup>2</sup> **Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral - Kreder 2805 - (3080HOF) Esperanza. Santa Fe. Argentina.**

<sup>3</sup> **CETRI Litoral – Pasaje Martínez 2650 – (3000) Santa Fe, Argentina**

### **Resumen**

En la Facultad de Ingeniería Química de la UNL, un grupo de investigadores, está desarrollando el Proyecto de Investigación “Estudio de vigilancia, inteligencia y prospectiva tecnológica para la fabricación de pilas de litio en Argentina” CAI+D, siendo el principal objetivo del mismo, realizar estudios de prospectiva, vigilancia e inteligencia en relación a la producción de pilas de litio en Argentina para identificar fortalezas, debilidades, tecnologías emergentes, actores líderes, mercados, demandas, normativa, y generar conocimiento para la toma de decisiones estratégicas en el desarrollo nacional del sector.

Este trabajo tiene por objetivo presentar los resultados de una primera etapa en la cual se realizó una investigación exploratoria con el objetivo de identificar los principales actores que intervienen en la cadena de valor del Litio en Argentina y lograr trazar sus perfiles tecnológicos.

Se identificaron las principales empresas participantes en alguno de los proyectos de Litio en Argentina, y se trazaron sus perfiles tecnológicos a través de sus documentos de patentes y los principales campos tecnológicos en los cuáles patentan dichas empresas. Este análisis se realizó con el software PatBase que es una base de datos de patentes online con un poderoso analizador, que permite buscar, guardar y analizar información relacionada a patentes de invención y empresas.

Los proyectos de litio en Argentina sobre los que se han efectuado inversiones concretas hasta el momento son principalmente de explotación primaria. Gran parte de las compañías que integran estos proyectos son empresas con una marcada inclinación en la primarización de sus actividades: LithiumAmericas Corp., Orocobre Ltd., Galaxy Corp., entre otros.

Se observa que compañías con una fuerte base tecnológica en la fabricación de baterías, forman parte de las corporaciones que administran dichos proyectos con la clara intención de asegurarse una porción de las exportaciones de litio (Mitsubishi, Toyota, Magna).

Se reconoce que los intereses de Argentina deberían abocarse a la integración tecnológica, afiliaciones y cooperaciones con empresas de base tecnológica sólida, buscando generar en las empresas intenciones de producción no sólo de derivados de litio como el cloruro o carbonato de litio, sino también de productos de mayor valor agregado que formen parte de la batería, ánodo, cátodo y electrolitos. Se ha diseñado una herramienta guía para una entrevista en profundidad a expertos clave y que pretende generar información primaria para analizar las posibilidades de Argentina en este campo.

## **41 RQ - COMPORTAMIENTO DE MATRICES SÓLIDAS NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE SOLUCIÓN DE PILAS ALCALINAS**

**DI SANTO, R.<sup>1</sup>; LUCERO L.<sup>1</sup>; DUARTE, M.<sup>2</sup>; CARBAJAL RAMOS I.<sup>1</sup>; NINAGO, M.<sup>3</sup>; NAVARRETE, D.<sup>1</sup>; ZAPATA, N.<sup>1</sup>; DEBERNARDI, M.<sup>1</sup>.**

**(1) Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo - San Rafael (5600) – Mendoza- Argentina. E-mail: rdisanto@fcai.uncu.edu.ar**

**(2) INIEC - Universidad Nacional del Sur - Bahía Blanca (8000).**

**(3) PLAPIQUI – UNS – CONICET. Universidad Nacional del Sur – Bahía Blanca (8000)**

### **Resumen**

Las arcillas del tipo esmectitas poseen importantes aplicaciones industriales. Poseen propiedades adsorbentes debido al tamaño de partícula y de su morfología laminar o fibrosa.

Las arcillas laminares pueden someterse a tratamientos de modificación del área superficial, mediante intercalación con polihidroxidaciones metálicos. Este tipo de tratamiento es conocido como “pilarización”. Este grupo posee una estructura microporosa de dimensiones moleculares, actuando como red para retener contaminantes de alto peso molecular.

En este trabajo se prepararon bentonitas pilarizadas con polihidroxidaciones de aluminio, a partir de bentonita natural de grado enológico.

Además, se trabajó con atalpigita, una arcilla de estructura fibrosa que no posee las características estructurales para pilarizar; y bentonita natural. Es por ello que la utilizamos como agentes comparativos del comportamiento durante adsorción de metales pesados.

La práctica se llevó a cabo, a partir de una solución generada del contacto directo de pilas alcalinas en agua destilada por un plazo de un mes. Con esta solución se prepararon muestras de diferentes concentraciones y se colocaron en recipientes que contenían bentonita natural y atalpigita. Se pudo observar que la turbidez de la solución disminuyó considerablemente durante las primeras 24 horas de contacto. En los gránulos de atalpigita se observó un depósito rojizo, lo cual denotaba una eficiente adsorción. La solución tratada con bentonita pilarizada se separó por decantación, y se complementó con una centrifugación durante 10 minutos a 4000 rpm.

Se construyó una torre de escala piloto para la aplicación de los diversos materiales de relleno vigentes en el mercado, incluyendo los analizados en el presente trabajo. La misma consiste en una alimentación suministrada por un bidón de 20 litros; la torre propiamente dicha, dotada de medidores de nivel y toma de muestra con filtros aptos para materiales de baja granulometría, y descarga en bidón receptor de 20 litros. La misma opera de forma discontinua.

Las determinaciones de conductividad, nos indican que la bentonita natural y atalpigita son aptas para el tratamiento de soluciones de pilas alcalinas. Tratando soluciones con valores de conductividad de 7250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , durante 96 horas, la primera tuvo un rendimiento de 50,62%, llegando a 3580  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; y la atalpigita un rendimiento de 87,78% con 1031  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

# **ÁREA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES RESÚMENES**

**01 RAmB - DETECCIÓN DE NECESIDADES FORMATIVAS E INFORMATIVAS  
EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS. PROYECTO DEL ÁREA QUÍMICA DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA**

**SANTORO, M.I.; RODRÍGUEZ, C.S.; DURÁN, A.; HUERGO, J.; IMHOFF, L.**

**Área Química, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad  
Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario. Argentina  
[msantoro@fceia.unr.edu.ar](mailto:msantoro@fceia.unr.edu.ar)**

**Resumen**

Los problemas ambientales conciernen a muchas ciencias, pero a la vez son problemas de la sociedad. Las universidades realizan un importante aporte de conocimientos científicos y tecnológicos a través de sus tareas de investigación, extensión y vinculación tecnológica. Para ello, cuentan con recursos humanos e infraestructura de calidad, generados a lo largo de sus trayectorias académicas; les cabe la responsabilidad de controlar y reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente. Se ha expresado a nivel nacional el interés en promover la incorporación de la educación ambiental en todos los niveles educativos, incluyendo el universitario. La Gestión de Residuos constituye un enfoque prioritario, tanto en la economía pública como en la privada. La falta de una cultura ambiental y de una infraestructura para la adecuada separación de los residuos agregado al mínimo conocimiento y respeto a las normativas vigentes en pro de una calidad ambiental, agudizan los problemas ambientales. Conscientes de la responsabilidad que tenemos como generadores y educadores, es prioritario establecer un programa permanente, que llegue a los estudiantes como contenido curricular en las diferentes asignaturas, con el fin de brindar un ambiente adecuado de trabajo y protección de la salud de la comunidad y racionalización de los costos institucionales. En cualquiera de las especialidades de Ingeniería, el estudiante debe conocer las metodologías de gestión de residuos de todo tipo, propias y de otros países. En este sentido, nuestro objetivo es la implementación de una política adecuada y sostenible, relacionada con el manejo de los residuos, con el fin de que la FCEIA cuente con un sistema de Gestión Interna de Residuos, con participación activa de los estudiantes. Para lograrlo, es necesario contemplar diversos aspectos, como la implementación y coordinación de un plan de gestión, producción y desecho de residuos, recolección interna, áreas de depósito y entrenamiento de la comunidad educativa. Es importante que en la Universidad se brinden las condiciones que faciliten el cumplimiento a las normativas vigentes en materia de manejo de residuos y así servir como referente en nuestra ciudad y en la región frente al tema de Gestión Ambiental.

## **02 RAMb - DEGRADACION DE MATERIA ORGANICA PRESENTE EN AGUAS POR REACCIONES DEL TIPO FENTON A TRAVES DE MEMBRANAS DE OXIDO DE HIERRO**

**DE ANGELIS, L. E.<sup>1</sup>; FIDALGO M. M.<sup>2</sup>**

**1. Centro de Ingeniería en Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Química.  
Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Av, Eduardo Madero 399 (1106)**

**C.A.B.A., Argentina**

**E-mail: [lideangel@itba.edu.ar](mailto:lideangel@itba.edu.ar)**

**2. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Missouri-  
Columbia, Columbia, Missouri, EEUU.**

### **Resumen**

La descontaminación de aguas es una demanda creciente en la sociedad que ha impulsado, en los últimos años, al desarrollo de nuevas tecnologías de purificación. Esto ha incrementado la investigación sobre membranas de ultra y nanofiltración para tratamiento de aguas. Las membranas cerámicas son de gran interés por su efectividad y resistencia mecánica mejorada con respecto a las poliméricas. Una de las limitaciones de los procesos de filtración es el ensuciamiento que la superficie de la membrana sufre durante la operación. En el proceso de filtración, la materia orgánica (MO) disuelta en el agua se deposita sobre la superficie de la membrana produciendo un bloqueo de los poros reduciendo la capacidad de la misma<sup>[1]</sup>. Las Tecnologías avanzadas de oxidación (TAO's) pueden aplicarse tanto en la remediación y detoxificación de aguas, como en la limpieza de la superficie de las membranas. Objetivos: Los objetivos de este trabajo fueron: Sintetizar partículas derivadas de ferroxanos (FeOx) como precursores de las membranas cerámicas e investigar su aplicación como catalizador para la degradación de contaminantes mediante reacciones tipo Fenton en reactores batch. Posteriormente analizar su aplicación como método de limpieza sobre las membranas cerámicas de óxido de hierro. Metodología: Se realizaron ensayos batch con Fe (II), Fe (III) y partículas derivadas de FeOx como fuente de hierro como catalizador de las reacciones tipo Fenton con peróxido de hidrógeno sobre tres tipos de compuestos orgánicos: ácidos húmicos (HA), albúmina bovina (BSA) y alginato de sodio (SA), como modelos de materia orgánica natural, proteínas y polisacáridos respectivamente. El avance de las reacciones de degradación se analizó mediante espectroscopía UV-visible, medición de carbono total orgánico (TOC) y HPLC. Se encontraron las condiciones óptimas de reacción para cada uno de los compuestos ensayados ( $[H_2O_2]=1\text{mM}$ , FeOx 1g/L, pH 2,5). Resultados y Conclusiones: Utilizando estas condiciones, los resultados obtenidos para la degradación de MO fueron de 80%, 60% y 85%, para HA, BSA y SA respectivamente. De estos resultados se pudo concluir que las partículas de FeOx actúan como catalizador de la reacción del tipo Fenton en forma comparable al Fe(III) en solución, por lo que se aplicó como agente de limpieza de membranas cerámicas luego de la filtración de aguas con materia orgánica disuelta. Los resultados obtenidos mostraron la capacidad de limpieza de este reactivo con una recuperación del flujo inicial de filtración de un 97% para HA, 86% para BSA y 88% para SA.



### 03 RAmb - INFLUENCIA DE LOS SOLVENTES EN LA IDENTIFICACION DE LOS HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS DEL AIRE DE CUCUTA.

QUIJANO VARGAS, M.J.<sup>1</sup>; QUIJANO PARRA, A.<sup>2</sup>; SOLANO ORTEGA F<sup>3</sup>

1,2.-Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación en Química. Laboratorio de Control de Calidad Universidad de Pamplona. Colombia. e-mail: mojuquiva@hotmail.com

3. Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación de Recursos Naturales. Universidad de Pamplona.

#### Resumen

**Introducción:** La contaminación atmosférica es actualmente un motivo de preocupación en diferentes países del mundo, por esta razón se están haciendo esfuerzos especiales con el fin de reducir esta contaminación y los efectos adversos que los contaminantes atmosféricos producen en la salud de la población, asociados con las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y en menor medida con resultados adversos del embarazo. Estudios epidemiológicos han puesto de manifiesto que el mayor factor de contaminación de la atmósfera urbana son las partículas en suspensión, conocidas como material particulado (PM), que incluye las partículas suspendidas totales (PST) y partículas de la fracción respirable entre las cuales tenemos al PM<sub>10</sub> (partículas con diámetro aerodinámico inferior a 10 µm) conocidas como partículas finas y el PM<sub>2.5</sub> conocido como material particulado ultrafino. La contaminación atmosférica producida por el material particulado (PM) es un problema mundial, el cuál es generado por las actividades industriales y tubos de escape de vehículos de motor. Estudios de fraccionamiento del material particulado orgánico (PM<sub>2.5</sub>) del aire, han identificado hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) mutagénicos y carcinogénicos, que pueden causar daño oxidativo del ADN y pueden conducir a efectos cardiovasculares y reproductivos. **Objetivos:** Mostrar la importancia de utilizar diferentes solventes en la extracción de la materia organica del PM<sub>2.5</sub> (HAP) del aire de nuestras ciudades. **Metodología:** La materia orgánica de los filtros de PM 2.5 (HAP) se extrae por ultrasonido en un baño ultrasónico (Branson 1510, modelo 1510R-MT; se utilizan como solventes de extracción por separado el diclorometano, la acetona y la mezcla diclorometano-etanol-tolueno. Diez de los filtros de PM 2.5 provenientes del monitoreo diario se colocan en un vaso de precipitado con 20 mL del solvente estudiado por un periodo de 10 minutos a una temperatura de 23°C-24°C, se recoge este volumen y se agregan otros 20 mL de solvente, se repite este proceso hasta completar los 200 mL. La identificación de los HAP considerados como contaminantes prioritarios (CP) y reconocidos por su afectación a la salud de la población se realizó, mediante cromatografía de gases con detector FID. **Resultados:** Se muestran los HAP extraídos con el sistema DCM-Etanol-Tolueno y se comparan con los HAP extraídos con los solventes tradicionales Acetona y Diclorometano Los HAP encontrados en la ciudad de Cúcuta son: Benzo[a]antraceno, Criseno, Benzo[k]fluoranteno, Benzo[b]fluoranteno, Benzo[a] Pireno, Indeno[1,2,3-cd] pireno y Dibenzo[a,h] antraceno. **Conclusiones:** \* El uso de diferentes solventes en la extracción de la materia organica del PM y su fraccionamiento, es de suma

importancia, ya que nos brinda una información más completa de los HAP presentes en las muestras del aire de nuestras ciudades. \* Los resultados de los HAP (Contaminantes Prioritarios) encontrados en el PM<sub>2.5</sub> del aire de Cúcuta son razonables, porque los orígenes de estos son principalmente emitidos de los tubos de escape del tráfico vehicular que es la principal fuente de PM<sub>2.5</sub> en esta ciudad. \*La extracción y fraccionamiento de la materia orgánica del PM<sub>2.5</sub> del aire de Cúcuta, con el sistema Diclorometano-Etanol-Tolueno es más efectiva comparada con la extraída con Acetona o DCM. \*Los HAP encontrados en el aire de Cúcuta y clasificados por la IARC como carcinógenos son: Benzo(a) antraceno, Criseno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno, Indeno (c,d 1,2,3)pireno y Dibenzo (a,h) antraceno , contaminantes altamente peligrosos para la salud humana por presentar actividad mutagénica y genotóxica.

## **04 Ramb - MODELADO MATEMÁTICO DE LA CINÉTICA DE SECADO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

**NAVAS, C.<sup>1</sup>; RUARTE, G.<sup>1</sup>; GRANADOS, D.<sup>1</sup>; REBOREDO, M.<sup>2</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador Gral. San Martín Oeste 1107 - (5400) San Juan. Argentina  
E-mail: [cnavas@unsj.edu.ar](mailto:cnavas@unsj.edu.ar)**

**2. INTEMA (CONICET – UNMdP) - Facultad de Ingeniería, Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina**

### **Resumen**

El uso de fibras y partículas vegetales como refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica, ha sido reportado desde la aparición de los plásticos en el mercado, empleándose en muy diversas aplicaciones.

Muchas de las actividades productivas de nuestro país, específicamente la agricultura, generan grandes cantidades de desechos agroindustriales. Entre ellos, el alpeorujo y el carozo de aceituna, derivados de la industria olivícola, y el escobajo de uva, de la vitícola. La utilización de estos residuos en la producción de materiales compuestos basados en polímeros es una alternativa técnica de valorización, mejorando su gestión de manera eficiente. El secado de estos residuos antes del procesamiento del material compuesto es un factor importante debido a que el agua en la superficie de la partícula actúa como un agente de separación en la interfaz partícula-matriz. El estudio de la cinética del proceso permite describir el mecanismo y los tiempos de secado para cada producto y determinar las condiciones de operación más adecuadas, ya sea con el fin de dimensionar el equipo o minimizar los tiempos de secado.

Se realizaron ensayos de secado a 60, 80 y 100°C, en un horno por convección natural, Sybron Thermolyne, con calentador eléctrico y controlador de temperatura estacionario. Este horno está acoplado a una balanza analítica, Adventure Ohaus, por medio de una varilla de suspensión unida a una canasta que contiene a la muestra. Se registró la pérdida de humedad a distintos intervalos de tiempo, hasta peso constante.

Se evaluó el ajuste de la cinética de secado con seis modelos matemáticos diferentes, utilizando el coeficiente  $R^2$  y parámetros estadísticos para la selección del mejor modelo. Estos modelos consideran como parámetro la constante de secado, relacionada con la difusividad efectiva. Se determinó que el Modelo de Page es el más adecuado para ensayos a 80 y 100°C, y el Modelo Logarítmico, para los de 60°. Sin embargo, la diferencia en los coeficientes de regresión entre ambos modelos es muy pequeña, por lo que podría seleccionarse el de Page para todos los casos, considerando su sencillez para el modelado.

Se concluyó que la velocidad de secado depende del material y de la temperatura. A baja temperatura el escobajo es el de mayor velocidad de secado, seguido por el alpeorujo y el carozo de aceitunas. A mayores temperaturas, la velocidad de secado es mayor para el escobajo, que para el carozo de aceituna y el alpeorujo. Esto sugiere que a altas temperaturas los fenómenos difusionales son más significativos, posiblemente por la contracción del material y cambios en la estructura interna.

## **05 RAmB - USO DE RESIDUOS OLEOSOS PARA LA OBTENCIÓN DE POLÍMEROS**

**BAGNI, M.<sup>1</sup>; GRANADOS, D.<sup>1</sup>; REBOREDO, M.<sup>2</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador Gral. San Martín Oeste 1107 - (5400) San Juan. Argentina**  
**E-mail: [mbagni@unsj.edu.ar](mailto:mbagni@unsj.edu.ar)**

**2. INTEMA (CONICET – UNMdP) - Facultad de Ingeniería, Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina**

### **Resumen**

La creciente demanda de productos derivados del petróleo y su impacto negativo en el medioambiente, sumado a la escasez de recursos no renovables, son factores que impulsan a la industria a utilizar recursos renovables como fuentes de materias primas para la elaboración de polímeros más ecológicos. Los aceites y las grasas son de gran interés debido a su amplia disponibilidad y versatilidad.

En este trabajo se propone obtener poliuretanos a partir de residuos oleosos resultantes del proceso de obtención de aceite de oliva y/o cortes comercializados de aceite de oliva de baja calidad (aceite de orujo de oliva, lampante y claro de borras).

Se determinaron características físico-químicas de esos aceites: contenido de humedad y materias volátiles, densidad, viscosidad, índice de acidez, índice de saponificación, índice de yodo. Los grupos funcionales se identificaron por espectroscopía infrarroja (Nicolet 6700, Thermo Scientific). Los resultados mostraron que los tres aceites son aptos para la obtención de monómeros y además permitieron seleccionar el pretratamiento de modificación más adecuado para llevar a cabo las reacciones de polimerización posteriores.

Se realizaron ensayos de hidroxilación y alcoholólisis, a fin de aumentar el contenido de grupos hidroxilo en los aceites, lo que favorecería su polimerización con diisocianatos para la obtención de poliuretanos. La hidroxilación se realizó en un reactor agitado, mediante la adición gota a gota de aceite a una mezcla de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y ácido fórmico ( $CH_2O_2$ ). La temperatura se mantuvo entre 40 y 50°C mediante el uso de un baño termostático (Vicking). La fase oleosa se destiló bajo vacío (Rotavapor Büchi) para eliminar el agua y el ácido residual. El proceso de hidroxilación permite obtener materiales de alta viscosidad y con coloraciones diferentes dependiendo de la materia prima de partida (desde amarillo claro hasta verde oscuro) lo cual repercutirá en la coloración final del polímero a obtener.

La alcoholólisis se realizó en un reactor agitado (Parr) a 150°C mediante la adición del aceite hidroxilado, trietanolamina (TEA) e hidróxido de litio (LiOH) como catalizador.

El desarrollo de los grupos hidroxilo se evaluó por métodos químicos y por comparación de los espectros FTIR obtenidos de la muestra original, la hidroxilada y la sometida a alcoholólisis, para los tres residuos oleosos estudiados. Los productos obtenidos en este pretratamiento se harán reaccionar con diisocianato para la obtención de poliuretanos.

Los resultados de los ensayos mostraron que las tres materias primas evaluadas son potencialmente aptas para la obtención de poliuretanos. La selección de la más adecuada, deberá efectuarse considerando los costos involucrados en cada proceso.

## **06 Ramb - FERTILIZANTES ORGÁNICOS SÓLIDOS A PARTIR DE PRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA: CARACTERIZACIÓN DEL LIGANTE LÍQUIDO**

**CASTRO, N.; CABRERA, F.; PIÑA, J.; COTABARREN, I.**

**Dto. Ing. Qca. - Universidad Nacional del Sur (UNS); PLAPIQUI (UNS-CONICET) - Bahía Blanca - Argentina - [icotabarren@plapiqui.edu.ar](mailto:icotabarren@plapiqui.edu.ar)**

### **Resumen**

La digestión anaerobia o biodigestión es el proceso de degradación de materia orgánica en ausencia de oxígeno, llevado a cabo por microorganismos en el interior de recipientes herméticos denominados biodigestores. Como resultado de la biodigestión se obtienen tres productos básicos: biogás, fertilizante orgánico líquido (biol) y fertilizante orgánico lodoso.<sup>1</sup> El biogás es una fuente de energía renovable muy versátil mientras que los residuos sólidos y líquidos presentan extraordinarias cualidades agronómicas beneficiosas para los cultivos, no sólo debido a su contenido de N, P y K (que los hace potenciales sustitutos de los fertilizantes sintéticos NPK)<sup>2</sup> sino también por la presencia de micronutrientes y materia orgánica.<sup>1</sup> Sin embargo, la aplicación directa en cultivos del fertilizante líquido posee inconvenientes como, por ejemplo, la lixiviación de nutrientes. Asimismo, el transporte y almacenamiento del biol resultan operaciones difíciles de realizar, obligando comúnmente a desechar este producto de alta calidad nutricional en plantas de tratamiento de aguas residuales.<sup>2</sup> La alternativa de convertir el biol (que constituye hasta un 90% de la carga del biodigestor) en un sólido granulado mejoraría las capacidades de almacenamiento y transporte. Además, la posibilidad de adecuar las propiedades del producto sólido para dar perfiles de liberación de nutrientes apropiados, disminuiría el problema de lixiviación asociado con la aplicación directa del fertilizante líquido.<sup>2</sup> Teniendo en cuenta estas motivaciones, nuestro grupo de investigación se encuentra estudiando la factibilidad de desarrollar, mediante la técnica de granulación en lecho fluidizado, un fertilizante sólido utilizando como ligante el residuo líquido de la digestión anaeróbica y como núcleos de crecimiento materiales adecuados para la agricultura orgánica y las necesidades de los cultivos. En particular, en este trabajo se evalúan las características físico-químicas del biol (proveniente de una alimentación al biodigestor de estiércol de conejo y sorgo en relación 10:1) para determinar su potencial agronómico y la posibilidad de utilizarlo como ligante de un proceso de granulación. En muestras sometidas a distintos períodos de almacenamiento se determinó: a) contenido de materia orgánica (MO) y peso seco (PS) mediante análisis gravimétrico, b) pH y conductividad por potenciometría ( $\lambda$ ), c) distribución de tamaño de los sólidos en suspensión por difracción laser (PSD), d) contenido de hidrógeno (H), nitrógeno (N) y carbono (C) total mediante análisis elemental, e) contenido de potasio por espectrofotometría de llama (K) y f) fósforo total mediante el método colorimétrico de Scheel (P).<sup>3</sup> Para todas las muestras, se verificó que la composición del biol y sus propiedades (excepto la PSD de los sólidos en suspensión, que no ha sido previamente determinada) están en acuerdo con los datos reportados en la bibliografía para residuos líquidos provenientes de alimentaciones a biodigestores similares a la analizada: a) PS=1%, MO=56% del PS, b) pH=7.5,  $\lambda$ =9mS/cm, d) H=3.2% del PS, N=2.5% del PS, C=25% del PS, e) K=18% del PS, f) P=2% del PS.

(1) Jansen, A.; Aparcana Robles, S. *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso " Fermentación Anaeróbica "* para Producción de Biogás; 2008; pp. 1–10.

(2) Mangwandi, C.; JiangTao, L.; Albadarin, A. B.; Allen, S. J.; Walker, G. M. *Powder Technol.* **2013**, *233*, 245–254.

(3) Vaneeckhaute, C.; Meers, E.; Ghekiere, G.; Accoe, F.; Tack, F. M. G. *Biomass and Bioenergy* **2013**, 1–15.

## 07 Ramb - CINETICA DE DEGRADACION DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA GRAFICA MEDIANTE FOTOXIDACIÓN

VITALE, P.<sup>1</sup>; RAMOS, P.<sup>1</sup>; EYLER, G.<sup>1</sup>; CAÑIZO, A.<sup>1</sup>

Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. CIFICEN (CONICET – UNCPBA). Av. Del Valle 5737 (B7400JWI). Buenos Aires. Argentina.

E-mail: [pvitale@fio.unicen.edu.ar](mailto:pvitale@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

El marco legal respecto de los efluentes industriales a nivel provincial (Res. 336/03) y nacional (Decreto N°999/92, Res. 79.179/90), es muy exigente; sin embargo, la disponibilidad de tecnologías para tratar vertidos de baja biodegradabilidad es deficiente.

En tal sentido, se están estudiando tratamientos alternativos que incluyen procesos fotoquímicos conocidos como Tecnologías de Oxidación Avanzada (TOAs) que permiten la conversión de contaminantes orgánicos, con una amplia variedad de estructuras, en sustancias de menor toxicidad y mayor biodegradabilidad.

Las TOAs se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir *in situ* especies transitorias muy reactivas y de alto poder oxidante como el radical hidroxilo ( $\text{OH}^\bullet$ ) que atacan de forma no selectiva a los contaminantes orgánicos. Estos radicales pueden obtenerse, entre otros mecanismos, por fotólisis UV del  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

El objetivo de este trabajo es analizar la cinética de degradación de un efluente real mediante la aplicación de fotólisis UV del  $\text{H}_2\text{O}_2$  y encontrar los rangos operativos óptimos, a fin de minimizar el impacto ambiental de una industria radicada en la región centro de la provincia de Buenos Aires, dedicada a la impresión de bolsas de papel.

La caracterización de los efluentes fue realizada mediante métodos normalizados (APHA 1998). El efluente centrifugado (4500 rpm, 20 min) se degradó aplicando procesos activados por luz UV (254 nm), usando  $\text{H}_2\text{O}_2$  como oxidante (entre 0 y  $0,08 \text{ mol L}^{-1}$ ). Las experiencias se realizaron en un fotorreactor batch de 100 mL termostatzado en un baño de agua (entre  $15 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Un arreglo de 5 lámparas germicidas de 6 W con encendido independiente permitió irradiar las muestras desde arriba. Se ensayaron las muestras de los efluentes sin diluir variando las condiciones experimentales.

Las degradaciones se ajustaron a cinéticas de pseudo-primer orden hasta degradaciones de 95% (como se trata de efluentes industriales se tomó como aceptable un coeficiente de correlación  $R^2 > 0,9$ ). Las constantes cinéticas ( $k_{\text{deg}}$ ) se obtuvieron graficando

$\ln (\% \text{DQO remanente})$  vs. tiempo (min). La  $k_{\text{deg}}$  óptima fue de  $6,15 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  permitiendo alcanzar una reducción de la DQO del 98,88%.

Se observa que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura. Para todas las temperaturas la degradación ocurre a mayor velocidad a valores medios de concentración de oxidante (entre  $0,02$  y  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ ). La velocidad de reacción aumenta proporcionalmente a la irradiación, este efecto es cada vez mayor al aumentar la temperatura del proceso.

## **08 Ramb - ELIMINACION DE BARROS/TINTAS DE ALTA CARGA ORGÁNICA EN UN EFLUENTE DE LA INDUSTRIA GRAFICA: ESTUDIO DE CASO.**

**DELLETESSE, M.<sup>1</sup>; VITALE, P.<sup>1</sup>, RAMOS, P.<sup>1</sup>; EYLER, G.<sup>1</sup>; CAÑIZO, A.<sup>1</sup>**

**1. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. CIFICEN (CONICET – UNCPBA). Av. Del Valle 5737 (B7400JWI) – Buenos Aires – Argentina. E-mail: [mdelletesse@fio.unicen.edu.ar](mailto:mdelletesse@fio.unicen.edu.ar)**

### **Resumen**

Los efluentes de la industria gráfica provienen del lavado de equipos de impresión, son aguas con alto contenido de tintas comerciales y barnices. Las tintas tienen formulaciones a base de resinas celulósicas o acrílicas y polímeros de alto peso molecular. Los efluentes además contienen espesantes, dispersantes y emulsionantes que mantienen las tintas en suspensión [1], dificultando su separación por decantación. El volumen de agua de lavado depende de la tecnología que utilice la empresa.

En el efluente en estudio los sólidos representan tan solo el 2,11 %p/p; sin embargo, concentran alrededor del 90% de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Optimizando su separación en una etapa primaria se puede reducir considerablemente el costo de tratamiento. Los barros separados podrían reutilizarse como agregados de la tinta negra, o como aditivos de refuerzo en materiales refractarios, por ejemplo ladrillos [2][3].

Encontrar la mejor combinación de productos disponibles comercialmente, y las condiciones de trabajo que permitan optimizar el tratamiento mediante un proceso de coagulación-floculación del efluente de una industria dedicada a la impresión de bolsas de papel de la provincia de Buenos Aires.

El trabajo se llevó a cabo en varias etapas. La primera consistió en la caracterización y homogenización de las muestras de efluente. Luego se realizó un tratamiento fisicoquímico mediante Jar-test para comparar 6 floculantes (basados en poliacrilamidas catiónicas, aniónicas y no iónicas) y 7 coagulantes (orgánicos e inorgánicos), y encontrar la combinación, la dosis óptima y las mejores condiciones de trabajo (velocidad y tiempo de agitación, tiempo de sedimentación, características del clarificado). El ensayo consiste en agregar dosis preestablecidas de coagulante/floculante a una serie de muestras de efluente agitadas durante un período de tiempo adecuado, en iguales condiciones de trabajo. Comparando alturas de clarificado y los sólidos totales, se selecciona el mejor tratamiento.

Las mejores combinaciones de productos corresponden a coagulantes de tipo inorgánico (Cloruro férrico y policloruro de aluminio) y floculante aniónico. Con la aplicación del tratamiento (agitación: 200 rpm, reposo: 80 min) se obtuvieron reducciones de DQO superiores a 97% y eliminación de sólidos totales de más de 79% (el 60% es orgánico).

## **09 RAMB - CALIDAD DEL AIRE DE VILLA DEL ROSARIO-NORTE DE SANTANDER COLOMBIA Y LA INFLUENCIA DE LA COMBUSTIÓN VEHICULAR.**

**QUIJANO PARRA, A.<sup>1</sup>; QUIJANO VARGAS, L.A.<sup>2</sup>; QUIJANO VARGAS, M.J.<sup>3</sup>**

**1.-Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación en Química. Laboratorio de Control de Calidad Universidad de Pamplona. Colombia. e-mail:**

**alfonsoquijanoparra@gmail.com**

**2. Facultad de Salud. Departamento de Medicina. Universidad de Pamplona. Colombia**

**3. Laboratorio Control de Calidad. Universidad de Pamplona. Colombia**

### **Resumen**

**Introducción:** Los residentes de nuestras ciudades se exponen a la contaminación del aire que surge principalmente de actividades industriales, emisiones de tráfico y la calefacción. Estudios epidemiológicos, que se llevaron a cabo para investigar los riesgos relacionados con la contaminación del aire y la salud, sugieren que la contaminación del aire puede ser responsable del aumento de las tasas de cáncer de pulmón. En varios estudios se ha reportado el papel de la contaminación del aire en el cáncer humano. Los tóxicos del aire que incluyen al material particulado-fracción respirable (PM<sub>2.5</sub>), son contaminantes que son conocidos o sospechosos de causar cáncer, efectos reproductivos, inmunológicos, de desarrollo y neurológicos. La exposición al PM<sub>2.5</sub> se ha asociado con numerosos efectos adversos para la salud y varios estudios han vinculado específicamente la exposición al PM con muertes prematuras. La principal fuente de PM en las áreas urbanas son los procesos de combustión, que incluyen principalmente las emisiones de vehículos de motor.

**Objetivos:** Identificar los HAP y metales presentes en el material particulado fracción respirable PM 2.5 del aire de Villa del Rosario emitido en la combustión incompleta de las fuentes móviles que circulan por esta ciudad. **Metodología:** Los estudios atmosféricos se centran en el análisis del material particulado y los compuestos orgánicos volátiles, que tienen un alto riesgo de cáncer debido a su exposición. El PM<sub>2.5</sub> fue monitoreado usando un equipo Partisol 2025 Plus con filtros de cuarzo Pallflex. Los filtros se sometieron a extracción por ultrasonido utilizando el hexano como solvente y se estudió el fraccionamiento de la materia orgánica presente en los filtros de PM<sub>2.5</sub>. Para identificar los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en el aire de Villa del Rosario, los extractos obtenidos se analizaron en un cromatógrafo de gases HP6890 plus con detector FID. Los metales se determinaron por Absorción Atómica. **Resultados:** Los HAP encontrados en el aire de Villa del Rosario son: el naftaleno, metil-naftaleno, 2 metilnaftaleno, fluoreno, fenantreno, pireno, fluoranteno, acenaftileno, acenafteno, benzo(a) antraceno, dibenzo(a,h) antraceno y benzo(g,h,i) perileno. **Conclusiones:** La exposición al material particulado respirable (PM<sub>2.5</sub>) es un factor que contribuye a los efectos adversos sobre la salud en las poblaciones humanas. El Dibenzo[a,h] antraceno está clasificado en el grupo 2A como probablemente carcinogénico para humanos; el Benzo(a) antraceno, clasificado en el grupo 2B como posible carcinógeno en humanos.



## **10 RAMb - EL DESINTERES DE LA COMUNIDAD Y LA INCORRECTA GESTION MUNICIPAL CONTRIBUYENDO EN LA FORMACION DE BASURALES**

**JAIME, L. B.<sup>1</sup>, IBIZA, V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>**Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Avenida Libertador Gral. San Martín 1109 (oeste) - (5400) San Juan. Argentina.**

**E-mail: bettinajaime@hotmail.com**

<sup>2</sup>**Instituto de Investigaciones Administrativas y Contables, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de San Juan.**

### **Resumen**

La actitud más frecuente de los vecinos consiste en mezclar los distintos residuos domiciliarios en una bolsa, realizar una primera disposición y desentenderse del problema. Muchos gobiernos municipales no advierten la importancia de la Gestión Integral de los residuos sólidos urbanos que incluye la generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, limitándose solamente a retirar las bolsas conteniendo los residuos de los domicilios y trasladarlas al sitio de disposición final. En muchas ocasiones se observan conductas inapropiadas de transportistas que realizan un vertido ilegal de la basura en hondonadas generando vertederos a cielo abierto, conocidos como “basurales”. Esta situación conduce a la presencia de recolectores informales de los residuos, los que presentan una grave situación de vulnerabilidad y riesgo social. También existen consecuencias que afectan la salud debido a la generación de enfermedades infectocontagiosas, y a la presencia de vectores (roedores, aves, insectos) transmisores de diversas patologías. Además se observa una importante contaminación de suelo, agua y aire. Los objetivos del trabajo consisten en analizar el comportamiento de la comunidad con respecto a la generación y disposición de los residuos sólidos domiciliarios; determinar la influencia de la actitud de los vecinos en la formación de basurales a cielo abierto e indagar la responsabilidad de la administración municipal en la aparición de estos vertederos ilegales. La investigación se realiza a través de un estudio de carácter exploratorio descriptivo, que combina técnicas cuantitativas y cualitativas. Se realizan encuestas estructuradas y semi estructuradas, entrevistas, análisis de contenido, observación directa respaldada por material fotográfico y datos brindados por organismos gubernamentales. Como resultado se espera demostrar la influencia que el desarrollo, la creciente accesibilidad a los distintos productos, y las actuales formas de embalaje, tienen en la generación de residuos en cada vivienda; exponer la falta de conocimiento de las técnicas adecuadas de manejo de residuos sólidos domiciliarios por parte de los vecinos, por la falta de difusión y concientización de parte de los gobiernos municipales y poner de manifiesto la situación socioeconómica de los actores sociales involucrados con la existencia de “basurales”. Como conclusiones se pone en evidencia la creciente conducta consumista de la población; el interés de la comunidad por un cambio de comportamiento, que no ejecuta; la inobservancia de las técnicas correctas de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios por parte del municipio y el impacto negativo desde el punto de vista social y ambiental en las zonas aledañas a los basurales.

## **11 RAmb - OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE REMOCIÓN DE DIELDRIN Y TRANSCLOORDANO EN AGUA**

**WILLIMAN, C.<sup>1,3</sup>; MUNITZ, M.<sup>1</sup>; SUBOVICH, G.<sup>1</sup>; AMAYA, V.<sup>1</sup>; GALARRAGA,  
P.<sup>1</sup>; MONTTI, M. I.<sup>1</sup>; NAVARRO, A.<sup>2</sup>; RONCO, A.<sup>3</sup>**

**Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos (Facultad de Ciencias de la  
Alimentación-UNER), Concordia, Argentina.**

**E-mail: willimanc@fcal.uner.edu.ar**

**2. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad  
Nacional de La Plata, Argentina.**

**3. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente - CONICET. Departamento de  
Química. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

La contaminación de las fuentes de agua para consumo es una problemática continua y compleja, ya que el incremento de las actividades agrícolas y el desarrollo agroindustrial es permanente y esto conlleva a la posible presencia de residuos de plaguicidas tales como, dieldrin y transclordano. En los diferentes procesos de potabilización es factible lograr minimizar su contenido en el agua, una de las alternativas a aplicar es la utilización de carbón activado, por lo que se plantea como objetivo del presente trabajo la optimización de remoción de estos compuestos clorados en muestras de agua mediante la adsorción con dicho adsorbente. Se efectuó un diseño factorial multinivel para los ensayos utilizando como matriz agua grado 1 y fortificadas a 20 µg/l, a las que se adicionaron 50, 100, 150 y 200 mg/l de adsorbente, en agitación durante 10, 20 y 30 minutos en baño termostatzado a 20°C, con una frecuencia de agitación de aproximadamente 60 desplazamientos por minuto. Se utilizó polidimetilsiloxano de 100 µm como polímero de recubrimiento en la técnica de microextracción en fase sólida y cromatografía gaseosa con detector de microcaptura de electrones para la determinación de los analitos. El análisis estadístico de los resultados para la optimización de las variables indicaron que los máximos porcentajes de remoción para ambos analitos se obtuvieron a 30 minutos de tiempo de contacto y valores de carbón activado en polvo de 200 mg/l para dieldrin y 153,65 mg/l para transclordano, respectivamente. La remoción en las condiciones optimizadas fue de 99,40 y 100% para dieldrin y transclordano, respectivamente. Podemos concluir que, la maximización de los porcentajes de remoción de estos analitos se produce con el mayor tiempo de contacto y con concentraciones altas de adsorbente.

## **12 Ramb - CINÉTICA Y ESTEQUIOMETRÍA DE LA DEGRADACIÓN AEROBIA DE BISFENOL A Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS POR BARROS ACTIVADOS**

**FERRO OROZCO A.M., CONTRERAS E.M., ZARITZKY N.E.**

**Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA). Fac. de Ing., UNMDP.**

**Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Fac. de Cs. Exactas, UNLP.**

**Fac. de Ingeniería, UNLP. e-mail: micaela.ferro@fi.mdp.edu.ar**

### **Reumen**

El bisfenol A (BFA) ha sido descripto como un compuesto estrogénico. Sin embargo, es utilizado industrialmente en la producción de policarbonatos, resinas epoxi y otros plásticos. Como resultado de su amplio uso ha sido detectado en aguas residuales (AR) industriales y municipales. Una de las metodologías propuestas para lograr la descontaminación de AR conteniendo BFA es la utilización de cultivos microbianos mixtos como los barros activados (BA). Diversos estudios sobre la biodegradación de BFA han demostrado la presencia de 4-hidroxiacetofenona (4HAF), 4-hidroxibenzaldehído (4HBA) y ácido 4-hidroxibenzoico (A4HB) como los principales intermediarios metabólicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética y la estequiometria de la degradación aeróbica de BFA y sus productos empleando barros activados. Se analizó el efecto del tiempo de residencia celular (TRC) y del incremento en la concentración de sustrato ( $5 - 120 \text{ mg L}^{-1}$ ) sobre los parámetros cinéticos y estequiométricos. La biodegradación de los compuestos fue estudiada empleando un respirómetro abierto. En todos los ensayos se utilizaron barros aclimatados previamente al BFA. Aunque los BA con TRC de 30 y 45 días ( $\text{BA}_{30}$ ,  $\text{BA}_{45}$ ) fueron capaces de degradar todos los compuestos estudiados, la velocidad específica de consumo de oxígeno ( $q_{\text{O}_2}$ ,  $\text{mgO}_2 \text{ grSST}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) fue mayor para  $\text{BA}_{30}$  que para  $\text{BA}_{45}$ . Los valores de  $q_{\text{O}_2}$  correspondientes a BFA se mantuvieron aproximadamente constantes durante los tres ciclos sucesivos en los que se incrementó la concentración de BFA. Sin embargo, los valores de  $q_{\text{O}_2}$  para la 4HAF, 4HBA y A4HB se incrementaron tanto con la concentración de sustrato como en cada uno de los ciclos sucesivos. Estos resultados indicarían un nuevo período de aclimatación de la biomasa ante la presencia de los mencionados compuestos. Los valores correspondientes al coeficiente de oxidación de los sustratos en estudio ( $Y_{\text{O/S}}$ ,  $\text{molO}_2 \text{ molS}^{-1}$ ) fueron similares para los diferentes TRC. Además, la concentración inicial del sustrato estudiado tampoco afectó el valor de  $Y_{\text{O/S}}$ . Los valores medios de  $Y_{\text{O/S}}$  para BFA, 4HAF, 4HBA y A4HB fueron  $10.21 \pm 0.95$ ,  $5.34 \pm 0.41$ ,  $3.79 \pm 0.17$  y  $3.14 \pm 0.30 \text{ molO}_2 \text{ molS}^{-1}$ , respectivamente. Considerando la reacción de oxidación total de cada uno de los sustratos y la ruta metabólica para la degradación microbiana aeróbica de BFA propuesta en literatura, los resultados sugieren que la oxidación de todos los sustratos en estudio se produce hasta compuestos que no presentan toxicidad.

### **13 Ramb - CARACTERIZACIÓN MEDIANTE ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL DESAGÜE FORNATTI, GENERAL ALVEAR MENDOZA.**

**NOGUEROL, J<sup>1</sup>; ARIAS, A<sup>2</sup>; MEDINA, D; BELLO, G<sup>2</sup>; GONZALES O, G<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.**

**Bernardo de Irigoyen 375 San Rafael Mendoza**

**E-mail: jnoguerol@fcai.uncu.edu.ar**

**2. IES 9-007. Salvador Calafat. Roca 327 General Alvear Mendoza**

#### **Resumen**

La provincia de Mendoza en sus cinco oasis bajo riego se encuentra afectada por efecto de la salinización y/o niveles de agua subterránea cercana a la superficie (Morabito, 2001). En muchas zonas este efecto se ha demostrado que es una consecuencia del manejo de riego. (Pereira, 2010).

A fin de evitar este ascenso, se han realizados diversos desagües que permiten la extracción del agua sobrante del riego y la conducción fuera del oasis productivo.

En el caso de la agricultura, el agua para riego cuando es aplicada en exceso se percola, disolviendo sustancias como agroquímicos, pesticidas y sales contenidas en el suelo. Este agua posteriormente por movimiento dentro del acuífero, termina llegando a los desagües afectando sus ecosistemas.

Las industrias aprovechan los desagües para verter directamente sus efluentes, que en algunos casos han recibido previamente tratamientos depuradores y en otro se realiza vuelco directo, afectando la calidad del agua y sus ecosistemas.

En el caso de las áreas urbanas cuando se producen precipitaciones, se realizan las descargas del agua a los desagües, arrastrando los contaminantes que encuentra en las calles y acequias.

La calidad del agua es un término relativo que depende del uso que se le va a dar al agua o del sistema hídrico que se quiere evaluar, dependiendo de destino que va a tener como: consumo humano, riego, mantenimiento de los ecosistemas con todas sus características funcionales.

Queralt en el año 1982 desarrolló el índice simplificado de calidad del agua (ISQA) para las cuencas de Cataluña (España), el cual se basó en 5 parámetros fisicoquímicos y planteó una clasificación de la calidad del agua para 6 usos específicos del recurso, entre los cuales se destaca el abastecimiento para consumo humano.

El desagüe Fornatti, recorre el área rural, industrial y urbana de General Alvear, desde el año 2012, se ha monitoreado durante el verano y el primavera para evaluar la variación de la calidad del agua en función del uso del suelo.

De acuerdo al índice ISQUA, el agua se ha clasificado como “Aguas Sucias”, y “Aguas Deterioradas”, como consecuencia de la salinización y el aporte de materia orgánica, para la primavera y en verano se ha clasificado como “aguas residuales”, como consecuencia del mayor aporte de materia orgánica.

De acuerdo a esta caracterización, se debe impedir el contacto directo del agua con la personas, permitiéndose cultivos especiales con alta resistencia a la salinidad.

## **14 Ramb - HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE VINIFICACIÓN**

**CASTRO, M.<sup>1</sup>; ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; MUÑOZ G.<sup>1</sup>; SAFFE, M.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ R.<sup>1</sup>**  
**1. Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de**  
**San Juan. Av. Libertador 1109 (o) – (5400) Capital. San Juan. Argentina. E-mail:**  
**mrcastro@unsj.edu.ar, rrodri@unsj.edu.ar**

### **Resumen**

Argentina posee una industria vitivinícola que en los últimos años ha presentado un notable crecimiento y desarrollo de factores productivos y de comercio. La industria del vino argentina, que en el año 2000 no presentaba exportaciones relevantes, saltó a cifras de exportación que rondan los US\$ 800 millones.

La provincia de San Juan, tradicionalmente volcada a la producción vitivinícola, es la segunda región de Argentina de mayor producción.

La clave para que las bodegas sanjuaninas ingresen con sus productos al mercado mundial es que logren vencer las estrictas reglamentaciones para la exportación, además de cumplir con todos los estándares de calidad requeridos en el mercado internacional de vinos. Así, las técnicas de medición relativas a las acciones sustentables de las empresas son objeto de un intenso esfuerzo investigador durante los últimos años.

Lo que propone este trabajo es una herramienta híbrida, es decir cuali-cuantitativa, de evaluación de las prácticas industriales para lograr una mejora continua de las mismas. La metodología empleada se enfoca en la selección de variables mediante consulta a expertos y la utilización del Proceso de Análisis Jerárquico. El modelo planteado de esta forma permite realizar la evaluación global de las diferentes tecnologías de producción.

Diferentes atributos sociales, económicos y ambientales fueron categorizados para realizar el análisis. Esta información se integró para cada unidad estudiada mediante un modelo que empleó clasificación difusa (funciones de pertenencia), generando un modelo de probabilidad de producción sustentable.

Esta metodología fue aplicada formalmente en los procesos de trabajo de diferentes industrias vitivinícolas, reconociendo las mejores prácticas con el propósito de realizar mejoras en los procesos productivos y optimizar el rendimiento de los mismos desde los aspectos sociales, económicos y ambientales.

Como conclusiones de este trabajo y de su aplicación a diferentes establecimientos se puede decir que la mayoría de las firmas todavía consideran los aspectos sociales y ambientales como aspectos que generan solamente costos. En tal sentido sería muy beneficioso para una empresa poder acreditar que su trabajo tiende a optimizar su funcionamiento no sólo desde el punto de vista económico, sino también social y ambiental, ya que este comportamiento implicaría minimizar asimismo el consumo específico de energía eléctrica, agua, y mejorar la calidad del tratamiento de los residuos sólidos y efluentes líquidos generados, como así también la visión que tiene la sociedad respecto de la empresa en cuestión.

## **15 RAMB - AMORTIZACIÓN DEL COSTO DE TUBOS ENTERRADOS PARA ACONDICIONAMIENTO DE AMBIENTES EN VIVIENDAS**

**IANNELLI, L.<sup>1,2</sup>; GIL, S.<sup>1,2</sup>**

**1. UNSAM (Universidad Nacional de San Martín), ECyT, Campus Miguelete, Martín de Irigoyen 3100, San Martín, Buenos Aires, Argentina.**

**2. ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas), Suipacha 636, CABA, Argentina.**

**E-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)**

### **Resumen**

Uno de los grandes desafíos actuales es satisfacer la creciente demanda de energía y disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En Argentina, el 18 % del consumo energético total, se emplea en acondicionamiento térmico de interiores. A profundidades mayores a 2 m, en la zona central del país, la temperatura de la tierra se mantiene prácticamente constante, oscila entre 15°C y 23°C a lo largo de todo el año. El suelo se puede utilizar para construir un acondicionador de aire natural, que minimiza el uso de combustibles fósiles, contribuye a un ahorro importante de energía y disminuye las emisiones de GEI, efectivo para su uso en invierno (calefacción) y en verano (aire acondicionado). Estimaciones preliminares indican que pueden lograrse ahorros del 60% en acondicionamiento térmico, en viviendas combinando adecuada aislación térmica con tubos enterrados. La utilización de tubos enterrados con este fin podría ser de mucha efectividad para reducir nuestras importaciones de gas natural y disminuir nuestras emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo el desafío consiste en abaratar los costos de aislación e instalación de los tubos. En este trabajo se realiza una evaluación de los costos y beneficios del uso de tubos enterrados a poca profundidad como acondicionador natural de ambientes en viviendas con diferente aislación térmica de envolventes. El objetivo específico es determinar si el incremento en el costo de construcción inicial, puede amortizarse en un periodo de 25 años o menos. Para ello se tomó como referencia el precio del gas más caro del mercado local, es decir, el precio internacional del gas natural licuado. Con el costo que tiene actualmente este sistema, con tubos importados, no se llega a amortizar en 25 años. Este resultado nos confronta con un desafío importante, el de reducir los costos de aislación e instalación de los tubos, para poder hacer económicamente viable un programa para incorporar esta energía alternativa en viviendas Argentina.

## **16 RAmb - MODELADO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN TERMOTANQUES SOLARES HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES BAJO EXIGENCIAS NORMALES DE USO**

**BIANCHI, A.<sup>1</sup>; LANSON, A.<sup>1</sup>**

**1. GERSolar y Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Ruta 5 y 7 - (6700) Lujan, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: gersolar@yahoo.ar ; anahi\_lanson@hotmail.com ; bianchi.ahl@gmail.com**

### **Resumen**

Desde hace más de una década, la producción local de gas está disminuyendo y Argentina depende en forma creciente de importaciones de gas. Su costo tiene un impacto significativo en la balanza comercial (S. Gil y otros, 2014).

El uso de la energía solar térmica, mediante la implementación de termotanques solares híbridos, permite suplantar parte del consumo de gas en calentamiento de agua domiciliaria. Con el fin de estimar este ahorro, se comparó el consumo de un termotanque híbrido solar comercial con respecto a un termotanque convencional, ambos con la misma capacidad de abastecimiento y en condiciones de uso habituales. Y se relacionaron ambos consumos con las condiciones ambientales del ensayo.

Sobre la base de un trabajo anterior (Lanson y Raichijk, 2014) que analizó 8 modelos de ahorro comparativo entre estos mismos sistemas y que ninguno superaban un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 70%, se revisó la calidad de la base de datos y se generaron 2 nuevos modelos, esta vez de consumo energético de cada sistema por separado, considerando solo 5 variables ambientales. Para el caso del termotanque híbrido: Radiación global diaria, Temperatura media, Radiación global diaria del día anterior y Temperatura media del agua. Y en el caso del termotanque convencional: Temperatura exterior promedio, Temperatura del agua y Temperatura dentro del recinto de ensayo.

Fueron validados los 2 modelos de consumo energético, mediante la comparación de valores esperados con valores registrados que no formaron parte de la base de ajuste. Se logró obtener un  $R^2$  de 96%, un error cuadrático medio relativo porcentual (RMSE%) del 20% y un sesgo medio relativo (MBE%) del 2% para la validación del modelo de consumo del termotanque híbrido. Por otra parte la validación del modelo de consumo convencional presentó un  $R^2$  de 87%, un RMSE% del 4% y un MBE% del -3%.

Posteriormente se modeló el ahorro como la diferencia entre ambos modelos de consumo. La validación de este modelo arrojó un  $R^2$  de 95%; un MBE% de -24% y un RMSE% de 30%. De esta manera se obtuvo un modelo con mejor poder de predicción que los modelos directos elaborados por Lanson y Raichijk.

Estos resultados nos permiten coincidir en que mediciones diarias de radiación solar y temperatura exterior permiten modelar y predecir el ahorro energético que brindan las actuales tecnologías híbridas solares con acumulación, bajo condiciones reales de uso.

## 17 Ramb - FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DE JUJUY CONTAMINADOS CON PLOMO EMPLEANDO TRES ESPECIES VEGETALES

SALUZZO, L.<sup>1</sup>; VITURRO, C. I.<sup>1</sup>; ALONSO, M. S.<sup>2</sup>; OTAIZA M. M.<sup>2</sup>

1. PRONOA, Facultad de Ingeniería, CIT JUJUY-CONICET, Universidad Nacional de Jujuy, Italo Palanca N° 10 - (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

E-mail: [lucianasaluzzo@yahoo.com.ar](mailto:lucianasaluzzo@yahoo.com.ar); [lsaluzzo@fi.unju.edu.ar](mailto:lsaluzzo@fi.unju.edu.ar)

2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Italo Palanca N° 10 - (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

### Resumen

La fitorremediación es una técnica medioambientalmente aceptable. Luego de absorbido el contaminante, las plantas se deben cosechar o recortar, calcinar y confinar las cenizas en rellenos de seguridad. El éxito de la fitorremediación depende del empleo de especies vegetales que acumulen altas concentraciones de metales y produzcan grandes cantidades de biomasa, además deben adaptarse y sobrevivir en suelos contaminados con altas concentraciones de metales. El norte jujeño (provincia fitogeográfica puneña) presenta pasivos ambientales producto de cierto tipo de actividad minera. Actualmente no se registran antecedentes de empleo de fitorremediadoras en estos pasivos. Para determinar la capacidad de acumulación de plomo (Pb) e identificar especies hiperacumuladoras, se investigó el comportamiento de *Helianthus annuus* (Girasol), *Lolium perenne* (Ryegrass) y *Tithonia tubaeformis* (Pasto Cubano) como fitorremediadoras en suelos contaminados con Pb. Se emplearon macetas de experimentación con suelo contaminado artificialmente con Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> en cuatro dosis distintas. Se trató raíz y parte aérea de la planta por separado. Las concentraciones de Pb se determinaron por espectrometría de Absorción Atómica. Los resultados muestran que incrementos de concentración de Pb en suelo provocan reducción del porcentaje de emergencia de las plántulas y disminución de su altura. A 1.000ppm de Pb en suelo no se produce germinación de las semillas de *H. annuus*. La acumulación de Pb en las plantas depende de la dosis del metal en el suelo y de la especie vegetal. *L. perenne* acumuló 16.232mg de Pb/kg de tejido vegetal seco total (1.617mg de Pb/kg de tejido aéreo seco) para 1.000ppm de Pb en suelo. Aproximadamente el 90% de la acumulación de Pb se produce en la raíz de la planta para todos los casos. Se ha comprobado que las tres especies estudiadas podrían utilizarse como fitorremediadoras, siendo la mejor, *L. perenne*, luego *H. annuus* y por último *T. tubaeformis*. La ubicación relativa de cada curva de comportamiento dosis–respuesta a la presencia de Pb, permitió determinar que *H. annuus* es hipersensible, *T. tubaeformis* es sensible, y *L. perenne* es comparativamente tolerante al Pb. De las especies estudiadas, sólo *L. perenne* puede considerarse como especie hiperacumuladora (acumula más de 1.000mg de Pb/kg de tejido aéreo), y presenta los mejores porcentajes de reducción de Pb en suelo. Sería conveniente que, una vez absorbido el Pb, las plantas fueran cosechadas con raíz incluida, para una mayor extracción de Pb del suelo. La fitorremediación es una tecnología alternativa, económica y agradable que no altera el ecosistema.



## **18 RAmb - UTILIZACION DE REACTORES BIOLOGICOS DE CONTACTO PARA ESTUDIOS DE REMOCION DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

**DELGADO, N. Y.<sup>1</sup>; NAVARRO, A.F<sup>1</sup>.; RONCO, A. E.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. Calle 1 y 47. - (1900) La Plata. Argentina**

**E-mail: [naslyyanid@gmail.com](mailto:naslyyanid@gmail.com)**

**2. CIMA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 115 – (1900) La Plata. Argentina.**

### **Resumen**

En la actualidad debido a hábitos de consumo se están incorporando distintos contaminantes emergentes a las aguas superficiales, denominados así por su baja concentración y alta persistencia. Entre ellos se encuentran los fármacos y productos de cuidado personal (PPCP), muchos de los cuales son de escasa remoción en las plantas depuradoras convencionales. Es por ello que se buscan procedimientos alternativos de tratamiento. En este trabajo se analizó un sistema de biodiscos como tecnología para estudios de tratamiento de efluentes conteniendo tres PPCP: metilparabeno, carbamazepina y sildenafil. En estos sistemas se emplean cultivos biológicos para la degradación aeróbica del efluente a tratar mediante una película de microorganismos adosada a su superficie. Los discos se encuentran parcialmente sumergidos en un colector que contiene el efluente que está siendo tratado. Se realizaron experiencias para los tres compuestos con un caudal de 70 mL/min, tomando como referencia ensayos previos, y concentraciones de materia orgánica base, medida como DQO, de aproximadamente 50 mg/L. Otros parámetros medidos fueron: absorbancia (para la determinación de biomasa en el afluente y efluente), oxígeno disuelto, conductividad, pH y temperatura. El efluente a tratar consistió en una mezcla de compuestos que simulan un agua residual doméstica según la norma ISO 11733 modificada. Primero se trabajó en *batch* durante 15 días inoculando el sistema con un 1% en volumen de un cultivo desarrollado previamente en laboratorio. Al alcanzar la formación de la biopelícula se operó el sistema en continuo hasta obtener, en aproximadamente 7 días, valores de DQO finales similares. La concentración de cada PPCP agregado al agua residual fue de 200 µg/L. Cuando se trabaja con una DQO base de 50 mg/L se obtiene una remoción de materia orgánica del 70% con una DQO final comprendida entre 15 y 20 mg/L, con tiempos de estabilización de 24h para metilparabeno, 48 h para sildenafil y 72 h para carbamazepina. El oxígeno disuelto se mantuvo en un promedio de 5 mg/L, la conductividad en aproximadamente 0,800 mS/cm, el pH se mantuvo neutro y la temperatura entre 20-25 °C. Se concluye que el sistema ensayado puede ser una buena opción para remover contaminantes emergentes, como los planteados, ya que su incorporación en cantidades similares a las encontradas en aguas residuales no modifican la estabilidad operativa del sistema.

## **19 RAMB - USO DEL TERMOSTATO, UN MODO SIMPLE DE AHORRAR ENERGÍA EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN**

**GIL, S.**<sup>1,2</sup>

**1. UNSAM (Universidad Nacional de San Martín), ECyT, Campus Miguelete, Martín de Irigoyen 3100, San Martín, Buenos Aires, Argentina.**

**2. ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas), Suipacha 636, CABA, Argentina.**

**E-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)**

### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue analizar y cuantificar como varía el consumo de energía, en calefacción y refrigeración, con respecto de la temperatura a la que se fija el termostato de los equipos de calefacción y refrigeración, respectivamente. El análisis realizado aquí, está basado en el estudio de los consumos reales de gas natural como función de la temperatura en distintas regiones del país. De este estudio se infiere, que bajar en un 1 °C el termostato en invierno puede generar ahorros del 10% al 20% del consumo de calefacción dependiendo de la zona región bioclimática del país. De igual forma, aumentar en 1 °C el termostato en los acondicionadores de aire, puede generar un ahorro de energía superior al 20%. En la zona central de Argentina, donde se concentre alrededor del 90% de la población, estos ahorros son del 20% en invierno y del 25% en verano. Dado que el consumo de energía primaria usada en calefacción y refrigeración de edificios en el país es de 20% del total, una simple medida como la propuesta aquí, consistente en variar 1°C las temperaturas de los equipos, aportaría un 3 al 4% de ahorro del consumo total. Además, este ahorro se lograría en los pico de consumo, contribuyendo a mitigar los cortes de suministro. Se muestra así la importancia de monitorear y regular cuidadosamente la temperatura a las que se fijan los termostatos, en invierno y en verano, como así también la importancia de establecer normativas que estimulen el uso racional y eficiente de la energía

## **20 RAMb - VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EXERGÉTICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN**

**ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; CASTRO M. <sup>1</sup>, NAVAS M. <sup>1</sup>, SAFFE A. <sup>1</sup>, RODRIGUEZ, R. <sup>1</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador 1109 (o) – (5400) Capital. San Juan. Argentina. E-mail: [mechega@unsj.edu.ar](mailto:mechega@unsj.edu.ar), [rrodri@unsj.edu.ar](mailto:rrodri@unsj.edu.ar)**

### **Resumen**

La gasificación es un proceso termoquímico en el cual la biomasa es transformada en sustancias más simples como CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, el cual es afectado por varios parámetros, incluyendo el agente gasificante, composición de la biomasa, su contenido de humedad, temperatura y presión de gasificación, y configuración del proceso. Para un diseño efectivo del proceso se requiere un buen entendimiento de los efectos de estos parámetros sobre la performance del sistema de gasificación. Una buena aproximación para desarrollar tal entendimiento son los modelos termodinámicos basados en exergía.

El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de los diferentes parámetros en base a la eficiencia exergética del proceso de gasificación de escobajo y orujo de uva. Se utilizó un modelo de equilibrio no estequiométrico para obtener la composición del gas de síntesis, este modelo está basado en la minimización de la energía libre de Gibbs en el sistema. La exergía de un sistema es el máximo trabajo que puede obtenerse de la interacción mutua al ponerlo en equilibrio con el ambiente. En base a la composición del efluente gaseoso obtenido a partir del modelo planteado se evaluó la variación de la eficiencia exergética del proceso para diferentes condiciones operativas como temperatura del gasificador, ER (relación aire/biomasa), SBR (moles de vapor/moles de C en biomasa), humedad de la biomasa. La influencia de la temperatura se estudió en el rango entre 450-900°C. En el caso del escobajo se observó la máxima eficiencia exergética a los 450°C, alcanzando un valor de 40%. Un comportamiento similar se observa para el orujo, siendo el valor máximo de 38%. Cuando se utiliza aire como agente gasificante puede observarse que la eficiencia exergética disminuye notablemente con ER, obteniéndose un valor de 30% para un ER de 0.1, en el caso del escobajo, en tanto que para el orujo es del 32% aproximadamente. En el caso de utilizar vapor como agente gasificante, la eficiencia exergética disminuye al aumentar el valor de SBR, obteniendo un valor para el escobajo de casi el 20% para un SBR de 1, mientras que para el orujo la eficiencia es de 18% aproximadamente. Respecto al contenido de humedad de la biomasa, la eficiencia disminuye con el aumento de humedad, pero esta disminución no es muy marcada, obteniéndose un valor de aproximadamente 20% para un contenido de humedad del 40%, tanto para escobajo como para orujo de uva.

## **21 RAmB - MODELADO MATEMÁTICO DEL ABATIMIENTO DE FLÚOR EN AGUAS DE CONSUMO MEDIANTE HUESO SINTÉTICO**

**ORTIZ, E. E.<sup>a</sup>; CÁCERES, R. E.; ROSSI, V. R.; CÁCERES, C. X.**

**Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín (Oeste) 1109 - (5400) San Juan, San Juan. Argentina.**

**<sup>a</sup>E-mail: [erocchetti@unsj.edu.ar](mailto:erocchetti@unsj.edu.ar)**

### **Resumen**

El uso de hueso es el método más sencillo y efectivo de aplicar para el abatimiento de flúor en agua de consumo humano para dar solución a la problemática de la fluorosis en poblaciones rurales. La eliminación se debe a la sustitución de iones hidroxilo por iones fluoruro en las moléculas de hidroxiapatita, componente principal del hueso. Se forma así fluorapatita, que posee una constante de solubilidad de  $10^{-60}$ . El mecanismo de abatimiento de flúor es el mismo para hueso o hidroxiapatita sintética. Sin embargo, el uso de este último elimina los inconvenientes del hueso, esto es: la necesidad de calcinar para eliminar la materia orgánica, cuyos restos proporcionan caracteres organolépticos indeseables al agua; y por otro lado posibles incompatibilidades culturales y religiosas (veganos, vegetarianos, budistas) dado el origen del hueso natural. Nuestro grupo trabaja en el uso de hidroxiapatita sintética como medio de abatimiento de flúor.

El objetivo del presente trabajo es modelar matemáticamente la eliminación del contenido de flúor en agua mediante gel de hidroxiapatita, en función de la dosis suministrada.

La población bajo estudio son aguas contaminadas con flúor y las unidades de información es agua de red de la ciudad de San Juan a la que se le agrega NaF. Las determinaciones de fluoruro se efectúan por el método espectrofotométrico SPANDS.

La concentración de fluoruro luego del abatimiento es función de la concentración inicial de fluoruro, de la dosis de hidroxiapatita agregada y del pH. Cambiando variables resulta que la eliminación % de fluoruro es función del pH y de la dosis adimensional de hidroxiapatita (cantidad agregada dividida en la cantidad estequiométricamente necesaria para eliminar todo el fluoruro existente). Se propone un modelo de primer orden con limitaciones de crecimiento (modelo logístico).

Para verificar el modelo, se realizan ensayos de agua a pH= 7.9 y 6 g/L de flúor, a la que se le agrega gel de hidroxiapatita.

Del ajuste realizado se obtiene que el modelo logístico posee un coeficiente de determinación de 0.9917, con una eliminación máxima del 91% del contenido inicial de flúor. Los valores de las constantes del modelo son funciones del pH. Para el caso presentado  $k = 91.40$ ,  $c = 0.32$  y  $r = 1.68$ .

Se concluye que la eliminación de flúor en agua en función de la dosis de hidroxiapatita utilizada, puede modelarse fielmente a través de la función logística, ampliamente utilizada para describir crecimientos poblacionales sin fase de muerte.

## **22 Ramb - APLICACIÓN DE GEOTECNOLOGIAS PARA LA DELIMITACION Y ANALISIS DE FUENTES DE ARENA EN EL VALLE DEL BERMEJO.**

**SORIA, M.V; ARROQUI, A.; VARELA, S.I.; PUERTAS, M.C. y ROMERO, M.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Avda Libertador Gral. San Martín 1109 (oeste) – (5400) San Juan, Argentina  
E-mail: valentina@unsj.edu.ar**

### **Resumen**

El crecimiento de la economía de los países y la creciente demanda de bienes y servicios de sus habitantes, incide directamente en una creciente demanda y consumo de minerales industriales. Entre estos minerales el cuarzo, es un mineral industrial de primera magnitud, que tiene una gran variedad de aplicaciones: en la industria del vidrio, de la construcción, de la pintura, entre otros usos. Este mineral compuesto por dióxido de silicio, o sílice,  $\text{SiO}_2$ , es el mineral más abundante, distribuido por todo el mundo.

El departamento Jáchal en general y la localidad de Huaco en particular se encuentran atravesando importantes cambios en su territorio y en su economía, a partir de la construcción de la ruta nacional 150, perteneciente al tramo central de corredor Bioceánico. En el presente trabajo se muestran las técnicas de procesamiento digital y análisis de datos extraídos de imágenes de satélite, como técnica de exploración para identificar depósitos de arena de origen eólico y fluvial, a los efectos de evaluar su potencial como materia prima en diversos usos de carácter industrial.

La exploración de la información contenida en las imágenes satelitales se efectuó con software ENVI 4.5, mientras que la organización de ésta y la elaboración de la cartografía base y la manipulación de la información se realizó con el software Arc View 3.3.

Las técnicas de procesamiento digital y el empleo de estas imágenes resultaron aptas para el objetivo planteado y como técnicas de exploración regional. Por su resolución espacial y espectral, estas imágenes muy utilizadas en estudios geológicos exhaustivos, permitiendo la discriminación litológica, visualización de estructuras geológicas y la identificación de minerales específicos tales como el cuarzo, ya que se puede tener una información clara de la respuesta espectral de los mismos.

## **23 Ramb - DEGRADACIÓN DE LODOS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA INDUSTRIA CARNICA POR MEDIO DE LA LOMBRICOMPOSTA**

**GIUNTA, S.A.; ESCALANTE J.R.; SULLCA, E.F. y ZUTARA M.S.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Italo Palanca 10 (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina**  
**E-mail: sagiunta21@gmail.com**

### **Resumen**

La materia orgánica es de vital importancia para la fertilidad de los suelos y esta puede ser aportada a través del humus. Los humus líquidos son soluciones compuestas por ácidos húmicos y fúlvicos disueltos en agua, que otorgan materia orgánica al suelo a través del riego. En la presente investigación se evaluó el comportamiento de la lombriz de tierra *Eisenia andrei* en sustratos provenientes de la degradación de lodos residuales (LR) de una industria cárnica, por medio de la lombricomposta. Como sustrato se utilizaron LR en diferentes concentraciones: T1: 100% LR, T2: 50% de LR y 50% de estiércol vacuno (EV) y T3: 25% de LR y 75% de EV. De estos ensayos se obtuvo humus líquido (HLC) con características fisicoquímicas similares a la del humus líquido proveniente de lombricompostado de estiércol vacuno (HLV). Se realizó un análisis de varianza de las concentraciones de materia orgánica, carbono, nitrógeno, fósforo y potasio, estadísticamente no existen diferencias significativas entre los humus obtenidos (HLC y HLV), sin embargo el ensayo que presenta mejores características fisicoquímicas en cuanto a nutrientes es el humus obtenido en el tratamiento 3 (25%), ya que supera en contenido de materia orgánica al HLV en un 33.2% y en el porcentaje de nitrógeno total en un 1.97 %. El humus líquido que se obtuvo en el tratamiento 1, 100% lodo residual, supera en un 10,5 % a HLV en cuanto a materia orgánica. Cabe mencionar que al aumentar el porcentaje de lodo residual en los ensayos, disminuyen los nutrientes del humus líquido obtenido. Se comprobó por medio de un ensayo toxicológico que los humus HLC no son fitotóxicos, ya que el valor que mostro menor índice de germinación fue el etiquetado como control que es el lixiviado HLV, con una media de 176.2 % índice de germinación, el T 1 obtuvo un valor de 265 % índice de germinación que es el mayor valor obtenido en la experimentación. Los valores obtenidos señalan que ninguno de los ensayos presenta fitotoxicidad, ya que se considera que valores de IG inferiores a 50% indican una alta fitotoxicidad del material; IG entre 50% y 80% indican fitotoxicidad moderada y valores superiores a 80% el material no presenta fitotoxicidad. Por lo tanto los humus HLC pueden ser utilizados para fertilizar suelos de uso agrícola, así como recuperar suelos erosionados. La transformación de lodo residual a través de la lombricultura es ecológicamente beneficiosa.

## **24 RAmb - MÉTODO DE VALORACIÓN PARA DETERMINAR EL IMPACTO ECONÓMICO RESULTANTE DE LA INCORRECTA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

**JAIME, L. B.<sup>1</sup>, IBIZA, V.<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Avenida Libertador Gral. San Martín 1109 (oeste) - (5400) San Juan. Argentina.**

**E-mail: [bettinajaime@hotmail.com](mailto:bettinajaime@hotmail.com)**

**<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Administrativas y Contables, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de San Juan.**

### **Resumen**

La acumulación de residuos a cielo abierto provoca una alteración desagradable del paisaje. Los vientos colaboran dispersando los materiales livianos, bolsas de plásticos, papeles, ampliando su área de influencia. La alteración de las formas, volúmenes, colores y olores causan un fuerte impacto visual y sensorial. Esto afecta en forma negativa sobre la calidad de vida de la población, impactando también en la actividad turística y provocando importantes pérdidas económicas. En el modelo que se utiliza en este trabajo se define un bien que se ofrece a la población para recomponer el precio por metro cuadrado de los terrenos colindantes al basural, por la pérdida de su valor; evitar la contaminación de acuíferos y la presencia de material particulado en el aire y recuperar los terrenos para el cultivo, buscando que la disposición de pago del individuo sea la adecuada. Los objetivos consisten en determinar en unidades monetarias el cambio originado en el bienestar de las personas al alterarse la calidad del ambiente y establecer la disposición a pagar de la población para lograr una mejora en la calidad del ambiente. Se utiliza el Método de Valoración Contingente para determinar el impacto económico a través de variables cualitativas, aplicando un modelo para calcular la valoración ambiental a través de la Disposición a Pagar (DAP) por cantidades adicionales de bien público. En este caso este bien consiste en la mejora en la calidad ambiental, considerando para ello variables como ingreso, composición de grupo familiar, comportamiento frente al basural, salud y asistencia gubernamental. Se verifica que los terrenos adyacentes al basural, según datos proporcionados por la Cámara Inmobiliaria de San Juan, sufren una pérdida de hasta el 80% de su valor, en función de la proximidad al sitio de disposición de los residuos.

Se determina que con un aporte igualitario entre el contribuyente y el municipio se lograría la recuperación del 100% del valor del terreno afectado, en un período aproximado de dos años y medio. Como conclusiones se detecta que las zonas cubiertas con basurales, originados por la incorrecta disposición de los residuos sólidos, detienen o interfieren en los planes de urbanización y son factores de desvalorización de las tierras y de los inmuebles situados en sus inmediaciones. También se revela que los recolectores de elementos comercialmente rentables y los comerciantes intermediarios, manifiestan indiferencia. Como contrapartida, el resto de la población circundante se siente damnificada por la existencia del mismo.

## **25 Ramb - EVALUACIÓN QUÍMICA Y EN OPERACIÓN DE LA CALIDAD DE BIODIESEL PRODUCIDO A PARTIR DE ACEITE DE OLIVA NO COMESTIBLE**

**MORENO, S.M.; CALVO, G.A.; MALDONADO, V.M.; CEREZO, G.M;  
FERNANDEZ, C.N. DEL V.; CAMUSSO, C.C.**

**Instituto de Tecnología Agroindustrial. Universidad Nacional de La Rioja.  
Parque tecnológico UNLaR- Beccar Varela y Los Tilos - (5300) La Rioja. Argentina  
EMAIL: ita@unlar.edu.ar**

### **Resumen**

El Biodiesel es un combustible líquido sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de aceites vegetales y alcoholes como metanol o etanol.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación química y en operación de la calidad de biodiesel producido a partir de aceites no aptos para consumo humano provenientes de agroaceituneras de la ciudad de La Rioja.

La materia prima consistió en 2000 litros de aceite de oliva contaminado con trazas de agroquímicos.

Se realizaron ensayos de laboratorio con muestras de 1 litro. Se valoró el aceite por titulometría determinando índice de acidez IA, índice de saponificación, índice de ester. La densidad se midió por método del picnómetro. Las muestras de aceite arrojaron un IA entre 0.4 y 0.5 mg. de KOH/g de aceite.

Se ensayaron dos tipos de reactivos metanol y etanol con relaciones molares alcohol/aceite de 4.5:1, 6:1 y 12:1 y dos tipos de catalizadores hidróxido de sodio y hidróxido de potasio con una concentración de 0.1 a 1.5 % p/v. para la reacción de transesterificación. Los ensayos se llevaron a cabo a temperaturas de 20°C y 60°C El rendimiento de biodiesel producido y la glicerina se midió por volumetría.

Se discutió la conveniencia en utilización de los distintos reactivos y catalizadores en la producción de biodiesel para los tipos de aceites recolectados concluyendo que la mejor relación molar para etanol es de 12:1 con hidróxido de potasio al 1% p/v y 60° y para el metanol la mejor relación fue de 6:1 con hidróxido de potasio a 1.2% p/v a 20° debido a que llega rápidamente al equilibrio. El hidróxido de sodio en conjunto con etanol formaron geles que no permitían la separación de la glicerina del etilester.

Por último, se realizaron ensayos de producción a escala piloto para producción en un reactor batch de 40 galones por lote, modelo FUELMEISTER II USA. El biodiesel producido a escala piloto con metanol y soda caustica, se probó en motores diesel estándar para evaluar el consumo combinado en ruta y ciudad, utilizando dos cortes B10 y B20 generados con diesel regular.

Se realizó un análisis de varianza simple para evaluar el consumo en Km/litro. El F-test y el test de Rangos Múltiples permitieron comprobar que existe diferencia significativa entre los valores medios del consumo para los distintos cortes. Los valores medios obtenidos son 11,58 Km/litro para B10 y 12,9 Km/litro para el B20.



## **26 Ramb - RELEVAMIENTO PRELIMINAR DE NIVELES SONOROS URBANOS EN EL MICROCENTRO DE POSADAS, MISIONES.**

**TRAID, H.; MORINISI, R.; PUCHALSKI, C; BASALDÚA, C; JEJER, C.**

**Programa de Efluentes Industriales y Urbanos. Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 -  
(3300) Posadas, Misiones. Argentina  
E-mail: [traidhernan@gmail.com](mailto:traidhernan@gmail.com)**

### **Resumen**

El aumento demográfico produce un incremento de los niveles sonoros urbanos, que pueden derivar en la alteración de nuestras actividades diarias, con la consecuente merma en la calidad de vida. Esto llevó al desarrollo de un marco normativo específico y estudios de niveles sonoros urbanos alrededor del mundo. La ciudad de Posadas cuenta con una Ordenanza Municipal referida a la contaminación acústica, sin embargo no existen estudios sistemáticos de los niveles sonoros existentes en la ciudad, hecho que motivó a la realización del presente trabajo.

Se realizó el relevamiento de los niveles sonoros del microcentro de la ciudad de Posadas mediante mediciones exploratorias de 24 horas, en banda octavas 1/1, y ponderación A, registrando un dato como nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ) en dB(A) cada 30 segundos. El instrumento se ubicó a 4 metros de altura, 2 metros de la calle y a mitad de cuadra, en 15 puntos distribuidos representativamente en el área de estudio, correspondiéndose con zonas tipo comercial, cuyos límites máximos para cada franja horaria son: descanso 45 dB(A), actividad 60 dB(A).

Se graficaron los perfiles diarios pudiendo apreciar ciertas dinámicas: horarios de inicio y finalización de actividades, receso vespertino y eventos puntuales.

Se observó que en todos los puntos los promedios de  $L_{eq}$  en ambas franjas horarias superan los límites establecidos en la normativa, con excesos incluso superiores a 10 dB(A) y que al menos el 50% de los datos individuales presentan exceso. Además, el menor de los valores máximos fue de 83 dB(A), lo que pone de manifiesto los elevados valores de niveles sonoros que son alcanzados ocasionalmente.

Comparando los valores  $L_{eq}$  promedio, se observó que las calles por donde circula el transporte público tienen niveles sonoros significativamente más elevados que las otras por las que no lo hacen ( $p$ -valor=0,0105). Por otra parte, se halló una correlación positiva y moderada ( $r=0,71$ ) entre franjas horarias. Esto significa que en aquellos puntos donde durante el horario de actividad se tienen valores elevados de nivel sonoro, se tendrán también valores relativamente más elevados durante el horario de descanso.

Se ha logrado identificar intervalos horarios más reducidos en los cuales es posible realizar mediciones de corto tiempo (15 minutos) cuyo nivel sonoro equivalentes tiene un desvío menor a 2 dB(A) respecto de los obtenidos para 24hs. Esto es de suma importancia ya que permitirá la obtención de datos representativos con un menor consumo de recursos en etapas posteriores.

## **27 RAmb - REUTILIZACION DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL AUTOCLAVE EN LA ELABORACION DE CONSERVAS**

**ARRAIZ, G.<sup>1</sup>; ALAGIA, J.<sup>1</sup>; MERLE, B.<sup>1</sup>; KYANKO, M.V.<sup>1</sup>; ALAMAT, M.A.<sup>1</sup>**

**1. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352 - (1876) Bernal, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: garraiz@gmail.com**

### **Resumen**

La Universidad Nacional de Quilmes cuenta con una Planta de Alimentos Enlatados donde los alumnos de la carrera de Ingeniería en Alimentos realizan su Práctica Profesional dentro del Programa Super Sopa. La misma posee dos autoclaves para la producción de conservas. El proceso de esterilización para un lote de producto consume 8,1 m<sup>3</sup> de agua potable para el enfriamiento de las latas. Este trabajo tiene por objetivo desarrollar la ingeniería y la estimación de la inversión requerida para la reutilización del agua de enfriamiento. Se tomaron muestras de la misma en diferentes puntos del ciclo en la línea de descarga del autoclave. La primera muestra fue tomada al inicio de la descarga de agua y luego a los 10 y a los 35 minutos para su análisis fisicoquímico. Se determinaron turbidez, sólidos sedimentables (a los 10 minutos y a las 2 horas) y oxígeno consumido al KMnO<sub>4</sub> y se registró la temperatura del agua de descarga durante 35 minutos. El agua de enfriamiento de los primeros 10 minutos arrojó un valor de 2,3 NTU, mientras que en los tiempos posteriores, fue menor a 1 NTU. En cuanto a sólidos sedimentables, la misma presentó menos de 0,1 ml/l, tanto en 10 minutos como en 2 horas y menos de 2 mg/l de oxígeno consumido al KMnO<sub>4</sub> en todos los puntos evaluados. La temperatura del agua a la salida del recirculado del autoclave N°1 fue de 88,8°C y luego de 15 minutos su temperatura disminuyó a 22°C. Se propone descartar el agua de enfriamiento de los primeros 15 minutos, debido a cantidad de impurezas y elevada temperatura. Transcurrido este tiempo se envía el agua de enfriamiento a un tanque intermediario, y de éste al tanque de agua de recirculación. Para el proyecto se requieren cañerías de polipropileno y una bomba centrífuga horizontal para impulsar el agua desde los autoclaves hacia la sala de máquinas donde se encontrarán los tanques de polietileno rotomoldeados. Se propone utilizar diferentes válvulas: esféricas tricuerpo manuales y actuadas, de retención y diafragma. Llevando a cabo esta ingeniería se logran almacenar 6m<sup>3</sup> de agua a una temperatura de 22°C al finalizar un ciclo de enfriamiento, volumen que puede ser utilizado para un proceso de esterilización posterior, o bien ser almacenado hasta el próximo día de cocción. El estimado de inversión para el proyecto es de \$42.960 a Noviembre de 2014.

## **28 Ramb - UTILIZACION DE DISPENSER DOSIFICADOR DE ANALOGO DE FEROMONA DE *Grafolita molesta* EN TECNICA DE CONFUSION SEXUAL**

**BALADA, L.<sup>1</sup>; ALCARAZ, E.<sup>1</sup>; CASTRO, S.<sup>1</sup>; BLANCO, A.<sup>2</sup>; BALADA, G. N.<sup>1</sup>**

**1-Universidad Nacional de Cuyo-Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria- Laboratorio de Síntesis Orgánica – Bernardo Irigoyen 375 – (5600) - San Rafael – Mendoza – Argentina  
E-mail: luisbalada@yahoo.com.ar**

**2- Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas-San Rafael-Mendoza- Argentina**

### **Resumen**

**INTRODUCCION:** la Técnica de Confusión Sexual (TCS) utiliza análogos de la feromona sexual de la hembra, para confundir al macho ya que rompe la comunicación química de los insectos sexualmente maduros impidiendo el apareamiento y logrando una disminución de la población de la plaga. Para aplicar la feromona se necesita un soporte inerte como ser: soportes estáticos ó difusores en aerosol. Los estáticos se colocan a razón de 800/Ha. Y los difusores en aerosol de 2 a 4/Ha. Esto representa una ventaja ya que disminuye la mano de obra para su aplicación. **OBJETIVO:** Ensayar la TCS en un monte de durazneros, aplicando la feromona de *Grafolita molesta* sintetizada en el Laboratorio de Síntesis Orgánica de la FCAI con un dispensador en aerosol (basado en la innovación más reciente que es el Puffer ® ) preparado en dicho laboratorio. **METODOLOGIA:** Para usar el sistema basado en la aerolización se ensayan y calculan: a) solubilidad de la feromona sintetizada b) el solvente y propelente amigables con el ambiente c) compatibilidad de producto/solvente/propelente d) Volumen del recipiente contenedor e) Concentración de feromona por disparo f) tipo de válvula a utilizar g) Número de disparos/ día para lograr una nube de feromona h) Peso neto de feromona por recipiente para cubrir 60 días de aplicación. Se contacta a AEROJET S.A., empresa ubicada en González Catán, Buenos Aires, que accede a efectuar el envasado de acuerdo a los datos proporcionados por el equipo de trabajo. Para la difusión se utilizan equipos comerciales convenientemente programados, y acondicionados para resistir condiciones ambientales adversas. La TCS se ensaya en una parcela de duraznos variedad Bowen, protegida con malla antigranizo y con fruta en franco desarrollo, ubicada en Los Tres Vientos, Rama Caída, Departamento de San Rafael **RESULTADOS Y CONCLUSIONES:** Durante la faz experimental los equipos se programan para efectuar 1 disparo cada 10 minutos durante 12 hs. correspondiéndose con el vuelo del insecto. Las primeras cuatro semanas esos disparos tienen como finalidad formar una nube de feromonas en el ambiente. La eficiencia se mide por la cantidad de capturas efectuadas en trampas Delta con piso engomado en la cual se coloca un difusor estático. A menos capturas más eficiente es la técnica. La lectura en la quincena siguiente, Enero de 2015, fue de 6 capturas de Grafolita en la zona bajo estudio (0,4 mariposas/trampa/día) vs. 52 mariposas atrapadas en la trampa testigo colocada en una parcela vecina, lo que equivale a 8 veces más capturas en el monte sin aplicación de la TCS. Estos valores se repiten en lecturas posteriores. Si bien se requiere de un análisis completo de los datos de campo al final de la temporada, se concluye que la TCS se aplica exitosamente, con la feromona sintetizada y con los difusores preparados en el LSO de la FCAI.

## **29 Ramb - FANGOS DE COPAHUE MADURADOS IN SITU**

**MONASTERIO, A. M.<sup>1</sup>; SETTI, M.<sup>2</sup>; GOMEZ, M.B.<sup>3</sup>, SORIA, C.O.<sup>3</sup>, ROCA JALIL, M.E.<sup>3</sup>, BASCHINI, M.T.<sup>3</sup>**

**1. Ente Provincial de Termas del Neuquén, EPROTEN, Argentina**

**2. Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, via Ferrata 1, 27100 Pavia – Italia**

**3. Departamento de Química – Facultad de Ingeniería – Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas PROBIEN (CONICET-UNCo)- Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. E-mail: [Miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar](mailto:Miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar)**

### **Resumen**

El sistema termal Copahue es reconocido en todo el mundo por la producción de fangos y aguas termales, originadas por el vulcanismo propio del lugar, que se utilizan con fines terapéuticos y cosméticos. Sin embargo la localidad queda cubierta de nieve durante los meses invernales, impidiendo el acceso a la misma.

Se construyó una pileta, dentro de la cual se colocaron caolinita y bentonita en proporciones adecuadas, manteniendo agitación periódica, y en contacto con las aguas ácidas naturales. Al cabo de cuatro meses se obtuvieron fangos de color similar a los naturales producidos por el sistema, con elevada capacidad de intercambio de iones, superficie específica y poder adsorbente.

Los mismos pueden ser retirados del lugar y trasladados hasta las localidades cercanas para su uso terapéutico, de tal modo de poder continuar con los tratamientos termales durante la etapa inverna.

Se presentan en este trabajo las propiedades de los materiales obtenidos, destacando los aportes que el sistema termal de Copahue realiza sobre las arcillas originales, a través del proceso denominado maduración.

**Área:** tecnologías ambientales

**30 RAmB - DETERMINACION DE LA TOXICIDAD DE UN EFLUENTE  
INDUSTRIAL SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Lactuca sativa*  
(lechuga)**

**GIUNTA, S.A.; ESCALANTE, J.R.; CRUZ, M.F. y SIMONE H. R.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 (4600). San  
Salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina.  
E-mail: [sagiunta21@gmail.com](mailto:sagiunta21@gmail.com)**

**Resumen**

El incremento de la contaminación debido a la dispersión de químicos tóxicos afecta negativamente el ambiente y la salud de los organismos vivos. Las plantas superiores son reconocidas como excelentes indicadores de contaminación, por tal razón son utilizadas en bioensayos para el monitoreo in situ y para la detección de mutágenos ambientales. Dentro de las plantas de interés agronómico más utilizadas como modelo en la evaluación de aberraciones cromosómicas para el estudio de mutágenos ambientales se encuentran, entre otras, *Lactuca sativa* (lechuga). Las actividades de mataderos y frigoríficos generan un efluente complejo que contiene proteínas, compuestos lignocelulósicos y grasas en forma soluble y como sólidos en suspensión. El objetivo de este trabajo fue determinar de la toxicidad de un efluente industrial sobre la germinación de semillas de *Lactuca sativa* (lechuga). Los resultados muestran distintas respuestas de sensibilidad de las especies consideradas individualmente frente al efluente evaluado. Previo a la realización de esta prueba fue necesario validar la viabilidad de las semillas por evaluar, alcanzando un porcentaje de germinación superior al 90%, que es el porcentaje mínimo requerido de germinación sin contaminante, para observar efecto de toxicidad. El bioensayo de toxicidad con semillas de las especies citadas es una prueba estática de toxicidad aguda en la que se evaluaron los efectos fitotóxicos del efluente en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Las diluciones de la muestra del efluente ensayadas fueron: pura (100%) y tres diluciones (12,5; 25; 50 %) así como un control negativo (agua destilada). Los ensayos se realizaron por triplicado. Las mediciones de los indicadores biológicos se registraron luego de mantener las muestras durante 120 h en incubación a  $20 \pm 2$  °C en la oscuridad. Se calculó la CE (concentración efectiva media/  $CI_{g50}$  (concentración media de inhibición de la germinación) y la  $CE/CI_{r50}$  (concentración media de inhibición de crecimiento de la radícula) para *Lactuca sativa*. Los resultados mostraron una  $CI_{g50}$ : 38,09 % y  $CI_{r50}$ : 42,71%. Los análisis fisicoquímicos realizados a la muestra del efluente informan valores altos de pH y altas concentración de amoníaco, nitritos, carbonatos y cobre y un DBO5 60 mg/l. Estos valores indicarían las posibles causas de inhibición en la germinación y en la prolongación de la raíz de la especie evaluada. Las metodologías utilizadas presentan una buena reproducibilidad, permitiendo la generación de información confiable (referido a la aplicación de ensayos biológicos) para evaluar el impacto tóxico de los efluentes industriales.

## 31 Ramb - OBTENCIÓN DE INÓCULOS MICROALGALES EN FOTOBIORREACTORES PARA PROCESOS DE ESCALADO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITES PARA BIODIESEL

BARNECH BIELSA, G.<sup>1</sup>; BONGIOVANNI, N.<sup>1</sup>; MARTÍN, L.<sup>1</sup>; DAMIANI, C.<sup>1</sup>; CONSTENLA, D.<sup>2\*</sup>; POPOVICH, C.<sup>1</sup>; LEONARDI, P.<sup>1</sup>.

1. Laboratorio de estudios básicos y biotecnológicos en algas. Centro de recursos naturales renovables de la zona semiárida (conicet-uns). Camino la carrindanga km 7, 8000, bahía blanca. Argentina.

2. Planta piloto de ingeniería química (conicet-uns). Bahía blanca. Argentina

\* Email: [dconstenla@plapiqui.edu.ar](mailto:dconstenla@plapiqui.edu.ar)

### Resumen

La producción de biodiesel a partir de aceites microalgales es técnicamente factible, pero su implementación a escala comercial aún no es económicamente competitiva. Uno de los mayores retos consiste en optimizar la producción de biomasa y de aceites de una manera sustentable. Este trabajo forma parte de un estudio interdisciplinario tendiente a la producción de biodiesel a partir de microalgas oleaginosas a escala piloto, a través del uso de fotobiorreactores (FBR) y piletas tipo *raceway*. En esta instancia se presentan los resultados obtenidos con el cultivo de dos especies de microalgas marinas nativas (*Navicula cincta* y *Nannochloropsis oceanica*) en FBR columnares, con el objetivo de obtener inóculos funcionales ( $> 1 \times 10^5$  cel mL<sup>-1</sup>) para piletas de 300L. El FBR se cargó con 16 L de agua de mar enriquecida con nutrientes y extracto de suelo y un inóculo adecuado para cada especie. Las condiciones de cultivo fueron: 25°C, 100  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de radiación, 16:8 h de luz:oscuridad, CO<sub>2</sub> al 1% y un sistema de mezcla por paletas que mantuvo el cultivo en un estado de homogeneización constante. *Nannochloropsis oceanica* creció exponencialmente hasta el día 16 y presentó una etapa estacionaria hasta el día 28, siendo los valores máximos de densidad celular ( $\rho_{\max}$ ) y de biomasa (B) de  $73 \times 10^6$  cel mL<sup>-1</sup> y 1 g L<sup>-1</sup> respectivamente. Mientras que *N. cincta* creció exponencialmente hasta el día 7 y estacionariamente hasta el día 17, siendo la  $\rho_{\max}$   $2,5 \times 10^6$  cel mL<sup>-1</sup> y la B 370 mg L<sup>-1</sup>. Las productividades de biomasa fueron 62,5 mg L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> y 49,0 mg L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> para *N. oceanica* y *N. cincta*, respectivamente. La cinética de nutrientes mostró un agotamiento al cuarto día de crecimiento, indicando una óptima absorción de los mismos. De acuerdo con los resultados obtenidos en ambas especies, se puede concluir que: 1) se lograron alcanzar los inóculos funcionales necesarios para volúmenes de 300 L y 2) los cultivos podrían ser cosechados al inicio de la fase estacionaria, con el fin de disminuir los tiempos de transferencia en el proceso de escalado.

## **32 Ramb - BIODEGRADACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO CON PRETRATAMIENTO ABIÓTICO**

**ALONSO, M.S.<sup>1</sup>; VITURRO, C.I.<sup>1</sup>; MADREGAL, S.O.<sup>1</sup>; GARZÓN, L.M.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 - (4600)  
S.S. de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: [msalonso12@gmail.com](mailto:msalonso12@gmail.com)**

### **Resumen**

En los últimos años, han empezado a utilizarse en Argentina bolsas de polietileno que, según lo declarado en sus leyendas, serían degradables, por lo que se debería esperar que lo fueran en mayor medida que las bolsas de polietileno convencional. Este trabajo fue realizado con los siguientes objetivos: comparar las posibilidades de biodegradación de bolsas de este último tipo con respecto a otras bolsas de polietileno conteniendo un aditivo para mejorar su degradabilidad, y, además, estudiar el efecto de la aplicación de un tratamiento previo, abiótico, a todas las bolsas analizadas. Este estudio se hizo como una etapa previa a una futura aplicación de tratamiento de residuos plásticos pos-consumo a gran escala. Para los ensayos se utilizaron muestras de polietileno de alta densidad, aditivado y convencional, provenientes de bolsas expandidas en Jujuy, y un inóculo de bacterias y mohos, aislados e identificados en estudios anteriores. Los ensayos de biodegradación fueron realizados en medio líquido salino, con aireación y a alrededor de 20°C. Luego de 5 meses, las muestras fueron extraídas, limpiadas para remover de su superficie microorganismos y sustancias provenientes del medio de incubación, y analizadas por espectroscopía FTIR. Comparando la intensidad de las diferentes bandas de los espectros infrarrojo obtenidos, se encontró que, para ambos plásticos, no se registraron cambios apreciables entre las muestras que habían sido sometidas a tratamiento previo, por radiación UV-A, con respecto a las que no recibieron ningún tratamiento abiótico, en tanto que, para las muestras que se expusieron a pre-tratamiento térmico, hubo un incremento en la transmitancia, con la consiguiente disminución en la absorbancia, para las bandas características con números de onda 1470-1460 cm<sup>-1</sup> y 730-720 cm<sup>-1</sup>. Por otra parte, las modificaciones ocurridas en estas mismas bandas fueron más importantes en todos los casos, sin y con tratamiento abiótico previo, por calor o por radiación UV-A, para las muestras de polietileno con aditivo. De los resultados obtenidos, se puede concluir que: Las bolsas de polietileno con aditivo estudiadas son más biodegradables que las de polietileno convencional, sin aditivo. En el caso de las muestras que tuvieron un tratamiento térmico anterior al biótico, la relación de incremento en la degradación es de 2 a 3 veces a favor de las primeras. La degradación ocurrida se manifestó a nivel de los enlaces C-C metilénicos. La aplicación de un pre-tratamiento abiótico con luz UV-A a temperatura ambiente no aportó mejores en la biodegradación de los plásticos estudiados.

### **33 RAMb - GESTIÓN DEL RIESGO EN LA GASIFICACIÓN TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA**

**ZALAZAR, D.<sup>1</sup>; MUÑOZ, G.<sup>1</sup>; ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, R.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín 1109 Oeste-(5400) Capital, San Juan. Argentina. E-mail: rrodri@unsj.edu.ar**

#### **Resumen**

La agroindustria actual, la cual es una de las actividades más importantes de la región de Cuyo, debe conjugar la rentabilidad con la protección del medio ambiente y simultáneamente las demandas de los consumidores en función a la calidad y seguridad alimentaria. Por ello, es imprescindible gestionar los recursos propios y conducir a una explotación sustentable, considerando los residuos que se producen. En primer lugar, para estimar el potencial que poseen para generar energía y en segundo lugar, para evitar y minimizar los problemas ambientales.

Uno de los procesos que posee altos rendimientos es la gasificación, que es un proceso termoquímico por el cual se transforma los residuos sólidos de la industria vitivinícola en gas de síntesis. La gasificación realizada en lecho fluidizado tiende a eliminar estos residuos, minimizando el impacto sobre el medio y con sensible disminución de su volumen (sólo quedan cenizas, las cuales, según el proceso termoquímico aplicado pueden reutilizarse). Otro aspecto destacable de estas unidades fluidizadas es que permiten trabajar en condiciones moderadas de temperatura que dificultan la formación de NO<sub>x</sub>, dioxinas y furanos entre otros contaminantes. Además, permite controlar los procesos fácilmente, favorece el buen mezclado de los sólidos generando inercia térmica que impide cambios bruscos de temperatura y da un amplio margen de seguridad para evacuar el calor en procesos muy exotérmicos.

Este proceso, llevado a cabo en reactores de lecho fluidizado implica el uso de gases inflamables y mezclas tóxicas.

En este trabajo se identificaron y analizaron los peligros con el objetivo de determinar sus consecuencias, evaluando la ocurrencia de cada uno de ellos. Además, se identificó a aquellos que requieren la aplicación de medidas de reducción: Medidas técnicas: Modificaciones en el diseño. Control de procesos: Relacionados al sistema de control. Medidas organizativas: relativas a la organización del trabajo. También se describieron las emisiones potenciales y las posibles técnicas de abatimiento en diferentes etapas del proceso.

Este estudio también emplea un número de principios de ingeniería que se aplican al diseño, con el objetivo de eliminar un riesgo en lugar de controlar el peligro (Ley Nacional 19587, Decreto 351/79). Estos principios están enfocados al: Diseño relacionado con los equipos, Procedimientos de operación y monitoreo, Precauciones suplementarias la cuales involucran todos aquellos aspectos implícitos del proceso que deben ser tenidos en cuenta. El abatimiento de emisiones fue considerado bajo estudio en este trabajo también, en las distintas fases del proceso de gasificación de biomasa.



### **34 RAmb - CAPACIDAD GENERADORA DE BIOGÁS DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLEÍCOLA MENDOCINA**

**ACOSTA, N.; REYNOSO, M.; DI CESAR; VANIN, N.; HERRERA, DEDIOL, C.; C.; MEDINA, R.**

**Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo Alte Brown 500 – (5505) Chacras de Coria, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [rmedina@fca.uncu.edu.ar](mailto:rmedina@fca.uncu.edu.ar)**

#### **Resumen**

Para evaluar la capacidad generadora de biogás de residuos de la industria oleícola mendocina se trabajó con un residuo de alperujo (sustrato) proveniente de una elaboración de aceite de oliva continua en dos fases, de la firma Zuccardi.

El ensayo se llevó a cabo a escala de laboratorio, en jeringas de 60 mL de capacidad que se incubaron, en cámara climatizada a  $37^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , durante 20 días. Se trabajó con un diseño factorial en el que las variables estudiadas fueron: tres contenidos de sólidos volátiles (SV) en la mezcla de sustrato y de inóculo (guano de gallina): 5; 7,5 y 10% y, para cada caso, tres relaciones entre ambos: 40:60; 50:50 y 60:40, respectivamente. Sólo se efectuó agitación en el momento en que se hicieron las lecturas del gas emanado.

En el laboratorio se determinó la composición centesimal del sustrato y del inóculo por técnicas del AOAC. En las jeringas se midió, diariamente, el volumen de biogás producido. En el material en digestión, siguiendo los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, se evaluó: pH conductividad, valor Ácidos Orgánicos Volátiles / Carbono Total Inorgánico (AOV/CIT) que indica la proporción de ácidos orgánicos volátiles respecto al carbonato y su efecto tampón durante el proceso. Los resultados se analizaron mediante ANOVA para un  $\alpha = 0,05$ .

En todas las jeringas se produjo biogás. En las mezclas con 10% de SV, el volumen de 80 cm<sup>3</sup>, fue significativamente superior al correspondiente al de las que contenían 7,5 ó 5% de SV. En los tres casos se alcanzó el valor máximo de producción alrededor de las 100 horas del inicio el ensayo. El incremento de la proporción de guano aumenta, significativamente el volumen de gas desprendido. La relación AOV/CIT no presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos ensayados, mientras que, en las mezclas que contenían 60% de alperujo, tanto el pH como la conductividad fueron significativamente menores.

Los resultados permiten concluir que los mejores rendimientos de biogás se logran con mezclas con contenido de 10% de sólidos volátiles y que para mejorar las condiciones de biodigestión, es aconsejable emplear una relación de alperujo/guano 40/60.

## 35 RAmB - CODIGESTIÓN DE GUANO DE GALLINA CON PAPA Y TOPINAMBUR

**PECCHIA, A.; FERREYRA, A.; CARRASCO, E.; MENDOZA, F.; MEDINA, R.**

**Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo Alte Brown 500 – (5505) Chacras de Coria, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [rmedina@fca.uncu.edu.ar](mailto:rmedina@fca.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

Las plantas generadoras de biogás emplean principalmente papa (*Solanum tuberosum*) como sustrato para la digestión anaerobia. En la Facultad de Ciencias Agrarias se ha ensayado, con éxito, el cultivo de *Helianthus tuberosus*, conocido popularmente como tupinambo, topinambur o pataca. Ambas son tubérculos rico en almidón, la primera y en inulina, la segunda.

Para evaluar su capacidad generadora se llevó a cabo un ensayo, a escala de laboratorio, en jeringas de 60 mL de capacidad que se incubaron, en cámara climatizada a  $37^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , durante 20 días. Se trabajó, empleando guano de gallina (G) como inóculo y aplicando un diseño factorial en el que las variables estudiadas fueron cuatro sustratos: papa (P), topinambur (T) y combinaciones de las anteriores con inóculo (P+G y T+G). Para cada sustrato se estableció un contenido total de sólidos volátiles (SV) del 10%, que en las mezclas fue aportado, en partes iguales, por los sustratos y el inóculo. Además, se llevó a cabo una incubación de inóculo sin sustrato. Sólo se efectuó agitación en el momento en que se hicieron las lecturas del gas emanado.

En el laboratorio se determinó la composición centesimal de los sustratos y del inóculo por técnicas del AOAC. En las jeringas se midió el volumen de biogás producido. En el material en digestión, siguiendo los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, se evaluó: pH, valor Ácidos Orgánicos Volátiles / Carbono Total Inorgánico (AOV/CIT) que indica la proporción de ácidos orgánicos volátiles respecto al carbonato y su efecto tampón durante el proceso. Los resultados se analizaron mediante ANOVA para un  $\alpha = 0,05$ .

La producción de biogás comenzó a las seis horas de iniciado el ensayo, en todas las jeringas, aún en las que no contenían guano. Se alcanzó el valor máximo promedio de producción, después del décimo día del inicio del ensayo. Las distintas combinaciones de inóculo con los sustratos ensayados difirieron significativamente entre sí, siendo mayor la producción de biogás en las mezclas de guano con cualquiera de los dos tubérculos que superaron al volumen generado por el guano la papa o el topinambur solos. La relación AOV/CIT no presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos ensayados mientras que, el pH de las mezclas contenían sólo G se mantuvo superior a 7 y en los sustratos solos o mezcla con guano osciló entre 4 y 6.

Los resultados permiten concluir que la producción de biogás a partir de tubérculos de topinambur tiene un rendimiento superior al de la papa cuando se lleva a cabo su codigestión con guano de gallina.

### **36 RAmB - CAPACIDAD GENERADORA DE BIOGÁS DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL TOMATE**

**FERREYRA, A.; MENDOZA, F.; CARRASCO, E.; MEDINA, R.**

**Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Cuyo Alte Brown 500 – (5505) Chacras de Coria, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [rmedina@fca.uncu.edu.ar](mailto:rmedina@fca.uncu.edu.ar)**

#### **Resumen**

La industria conservera mendocina se destaca por la manufactura de distintos productos a partir del tomate. En dichas elaboraciones queda un importante residuo que podría emplearse para la producción de biogás.

Para evaluar su capacidad generadora se llevó a cabo un ensayo, a escala de laboratorio, en jeringas de 60 mL de capacidad que se incubaron, en cámara climatizada a  $37^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , durante 20 días. Se trabajó, empleando guano de gallina (G) como inóculo y aplicando un diseño factorial en el que las variables estudiadas fueron seis sustratos: tomates enteros triturados (T), pulpa (P), residuo del tamizado (R) y combinaciones de las anteriores con inóculo (T+G; P+G y R+G). Para cada sustrato se estableció un contenido total de sólidos volátiles (SV) del 10%, que en las mezclas fue aportado, en partes iguales, por los sustratos y el inóculo. Además, se llevó a cabo una incubación de inóculo sin sustrato. Sólo se efectuó agitación en el momento en que se hicieron las lecturas del gas emanado.

En el laboratorio se determinó la composición centesimal de los sustratos y del inóculo por técnicas del AOAC. En las jeringas se midió el volumen de biogás producido. En el material en digestión, siguiendo los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, se evaluó: pH, valor Ácidos Orgánicos Volátiles / Carbono Total Inorgánico (AOV/CIT) que indica la proporción de ácidos orgánicos volátiles respecto al carbonato y su efecto tampón durante el proceso. Los resultados se analizaron mediante ANOVA para un  $\alpha = 0,05$ .

La producción de biogás fue significativamente superior en todas las jeringas que contenían guano, alcanzando el valor máximo promedio de producción de 200 mL, alrededor del quinto día del inicio del ensayo. Las distintas combinaciones de inóculo con los sustratos ensayados no difirieron significativamente entre sí y superaron al volumen generado por el guano solo. La relación AOV/CIT no presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos ensayados mientras que, el pH de las mezclas contenían sólo G se mantuvo superior a 7 y en los sustratos mezcla osciló entre 5 y 6.

Los resultados permiten concluir que los residuos de la elaboración de la industria del tomate pueden ser aprovechados para la producción de biogás llevando a cabo una codigestión con guano de gallina.

## **37 RAmb - CARACTERIZACIÓN INMEDIATA DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EMPLEANDO RESIDUOS OLIVÍCOLAS Y OLEÍCOLAS.**

**FILIPPÍN, A. J.; POZZI, M. T.; CARLUCCIO, N. D.; TREJO, J. R.**

**1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca.  
Av. Belgrano 300 - (4700) San Fdo. del Valle de Catamarca, Catamarca. Argentina  
E-mail: [anafilippin@unca.edu.ar](mailto:anafilippin@unca.edu.ar)**

### **Resumen**

El uso de adsorbentes a base de carbón activo está aumentando continuamente como consecuencia de la implementación y aplicación de las regulaciones medioambientales, que han impulsado la necesidad de filtrar el agua y el aire mediante carbón activo. El constante aumento en las necesidades de purificación con productos naturales y/o sintéticos, también es responsable de la necesidad de nuevos adsorbentes.

El carbón activo es el nombre común para un grupo de carbones porosos fabricados que exhiben una extraordinaria superficie interna y volumen de poro. Su síntesis se lleva a cabo por cualquier tratamiento de carbonización con gases.

El proceso de producción de carbón activado debe contar con una materia prima con propiedades bien definidas tales como abundancia, dureza, estructura inherente de poros, alto contenido de carbono, bajo contenido de ceniza y alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización. Se ha demostrado que materias primas de biomasa como la madera endocarpios y huesos de algunas frutas como el coco y la cereza.

El objetivo primario del presente trabajo fue determinar las características básicas de la materia prima para la obtención de un carbón activado de calidad, empleando con este fin residuos de la industria oleícola y olivícola. Además realizar un análisis comparativo con otras sustancias precursoras del carbón activado en base a los parámetros tomados como referencia para determinar la conveniencia de su empleo. Se tomaron muestras de alperujo, hueso de aceituna y residuos de poda del olivar, las cuales fueron sometidas a un pretratamiento para disminuir el tamaño de sus partículas mediante el uso de un molinillo y luego la clasificación correspondiente empleando normas ASTM. Las muestras procesadas fueron sometidas a análisis preliminar para caracterización de combustibles tales como contenido de humedad en combustibles sólidos (norma DIN 51728), contenido de cenizas (DIN51719), contenido de materia volátil (norma DIN 51720) y carbono fijo en forma indirecta.

Los resultados del análisis inmediato muestran valores similares a otras muestras correspondientes a materias primas utilizadas para obtener carbones activados de buena calidad y con amplia gama de aplicaciones medioambientales e industriales.

## **38 RAMb - PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA DE MAR PARA PROCESOS MINEROS MEDIANTE APROXIMANTES DE PADÉ Y REDES NEURONALES**

**VALDERRAMA, J.O.<sup>1,2</sup>; CAMPUSANO R.A.<sup>3</sup> ; TORO, A.S.<sup>2</sup>**

**1. Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, La Serena, Chile ([jvalderr@userena.cl](mailto:jvalderr@userena.cl))**

**2 Centro de Inf. Tecnológica (CIT), Mons. Subercaseaux 667, La Serena, Chile**

**3.- Univ. de La Serena, Depto. de Física, Casilla 554, La Serena, Chile**

### **Resumen**

En este trabajo se analizan datos sobre propiedades fisicoquímicas y de transporte de agua de mar obtenidos de la literatura y se aplican dos tipos de modelado para correlacionar estas propiedades: i) aproximantes de Padé y ii) redes neuronales artificiales. Los aproximantes de Padé son funciones racionales (un polinomio dividido por otro polinomio) que tienen la capacidad de representar funciones complejas con un número reducido de parámetros o coeficientes. Las RNA son un método numérico, dentro de la llamada inteligencia artificial, en el que la relación entre una variable dependiente (y) y unas independientes ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ...) son relacionadas mediante aprendizaje, imitando de alguna forma el funcionamiento del sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas que colaboran entre sí relacionando la variable y con las variables  $x_i$  para producir un estímulo de salida. La escasez de agua es uno de los desafíos actuales y futuros más importante que deberá enfrentar la humanidad. El uso de agua de mar es una alternativa que varias empresas en el mundo están usando en sus procesos industriales, en especial en la industria minera. El agua de mar lleva una gran cantidad de sólidos y gases, en suspensión y disueltos, y prácticamente todos los elementos químicos presentes en la tierra aparecen también en el agua de mar. Hay una serie de propiedades fisicoquímicas y de transporte de agua de mar que son fundamentales para el diseño, optimización y simulación de procesos en particular en la industria minera (densidad, calor específico, conductividad térmica, coeficiente osmótico, viscosidad, tensión superficial, temperatura de ebullición, calor de vaporización y entalpía. Para cálculos repetitivos, diseño de procesos y simulación, estas propiedades deben ser expresadas mediante modelos que tengan la capacidad de predecir las propiedades en la forma más exacta posible. La estimación de propiedades físico-químicas, de transporte y termodinámicas del agua de mar no es un problema fácil de resolver considerando que el agua de mar de distintos lugares posee características distintas de salinidad e incluso de tipo de sales, y está a distintas temperaturas. Estas, temperatura y salinidad, son las dos variables más importantes que definen las propiedades del agua de mar y la mayoría de las correlaciones y métodos de estimación de propiedades disponibles en la literatura incluyen sofisticadas ecuaciones algebraicas que consideran estas dos variables. Se analizan más de 2500 datos y se muestran resultados para 11 propiedades del agua de mar para temperaturas entre 10°C y 120°C y salinidades de 0 a 150 gr de sal por kg de agua de mar. Los modelos de Padé y las redes neuronales artificiales de arquitectura simple muestran ser adecuados para el cálculo de las propiedades estudiadas obteniendo desviaciones similares o inferiores a otros modelos altamente no lineales propuestos en la literatura.

**39 RAmb - PROCESAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS EN LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LANUS**

**CERVERA NOVO, L.A**

**1. DDPYT – GAU-UNLA. Provincia de Bs.As.- Argentina**

**E-mail: lcerveranovo@gmail.com**

**Resumen**

Introducción: La Universidad Nacional de Lanús, cuenta a la fecha, con 20.844 alumnos que sumado al personal docente y administrativo alcanza una población de 22.000 personas que a diario utilizan sus instalaciones, servicio de comedor y merenderos. Esto genera un importante volumen de residuos que se desechan en forma tradicional (acarreo y disposición final en el Ceamse). Objetivos: Calcular la capacidad energética de los residuos orgánicos del comedor y de las podas y jardinería de las 24 hectáreas de su territorio, para estimar su utilización como fuente de energía complementaria. Metodología: A través de dos biodigestores, desarrollado por becarios de diseño industrial y gestión ambiental urbana, ambas carreras dictadas en esta universidad. Para posteriormente generar electricidad a través de un motor modificado. Resultados: Construcción de una planta de producción de gas metano que con un motor modificado, suministrara electricidad al vivero con que cuenta la universidad. El proyecto cumplirá también una función didáctica con alumnos y comunidad. El manejo operativo de la planta será, supervisado por la UNLa y realizado por una cooperativa de recicladores, que serán capacitados para esa función y sumaran a su ingreso salarial los residuos secos, no utilizados en el proceso. Conclusiones: Este proyecto genera un impacto ambiental positivo, reutilizando residuos que hoy son desechados, práctica que implica un costo económico importante. Impulsa la propuesta de una universidad que se hace cargo, autónomamente, de sus residuos generando energía renovable. Base para desarrollar un modelo aplicable a otras universidades del Gran Buenos Aires y/o espacios comunitarios.

## 40 RAmb - BALDOSAS CERAMICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA MINERA Y VIDRIO

**LEFTER, M.; GONZALEZ, L.; ALMAZAN, M.L.; SASTRE, M.I.;**

**Facultad de Ingeniería – Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta**

**Email: lefterm@unsa.edu.ar**

### Resumen

Los recursos naturales son finitos, y por tanto, el itinerario que recorren estas materias primas en las diferentes bases de elaboración, consumo y uso deberían gestionarse fomentando el reciclaje de los materiales para evitar su derroche y pérdida o la contaminación ambiental que producen, de cara a las generaciones futuras. Los principios que se aplican en el manejo de residuos se reflejan en la siguiente tabla:

Principio	Responsabilidades	Efecto
Reducir la cantidad de residuos	Sector privado y publico	Evitar y eliminar el residuo innecesario
Reúso y reciclado de residuos	Sector privado y publico	Uso más eficiente de recursos naturales
Almacenamiento seguro de residuos	Sector privado y publico	Mínimo daño para la salud humana y el medio ambiente

Los residuos sólidos de la industria boratera son mezclas de bórax, colemanita, ulexita del mineral de donde se extraen los compuestos de boro. Uno de los fines que podemos darles es emplearlos como materia prima en la obtención de material cerámico, en mezcla con vidrio y arcilla.

Se prepararon probetas con la mezcla residuo-arcilla-vidrio de 8×6×1, y se sometieron a tratamiento térmico de 800°C, 900°C y 1000°C en una mufla.

Se realizaron ensayos para medir propiedades físicas: porosidad aparente, absorción de agua, modulo de ruptura MOR, y el módulo de elasticidad E.

Muestra	MOR MPa	E MPa	Porosidad aparente %	Absorción de agua %	Retracción linear %
Patrón comercial	2,50	15,1	0,48	0,15	12
Residuo, arcilla, vidrio 50-20-30 800°C	6,40	150,20	15	0,08	10
Residuo, arcilla, vidrio 50-20-30 900°C	6,80	200,00	20	0,05	9
Residuo, arcilla, vidrio 50-20-30 1000°C	6,10	130,20	16	0,05	9

Como conclusión, el aumento de la masa vítrea en la estructura del material cerámico cuya formación se debe a la presencia de Boro en la materia prima, produce:

- Disminución o eliminación de la porosidad y disminución del tamaño de los poros.
- Consolidación del material por efecto de la tensión superficial.
- Incremento de la densidad.

Con los ensayos realizados, se demostró la factibilidad del uso de este residuo como materia prima base, para la obtención de un material vitro-cerámico, de alta resistencia mecánica, apto para la construcción.

## **41 RAmB - TECNOLOGÍA DE SENSORAMIENTO REMOTO PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CALEFONES SOLARES**

**PLANO. M. A.<sup>1</sup>; SAEZ DE ARREGUI, G.<sup>1,2</sup>; LERRO F.<sup>1</sup>; CONCARI, S. B.<sup>1,3</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Av. Pellegrini 250 - (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina**

**E-mail: [mplano@fceia.unr.edu.ar](mailto:mplano@fceia.unr.edu.ar)**

**2. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Rosario. Rosario, Argentina.**

**3. Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. Rosario, Argentina.**

### **Resumen**

El empleo de la energía solar para calentamiento doméstico de agua de uso sanitario, se ha extendido en nuestro país y va en progresivo aumento. Pero el mero uso de equipos basados en energías renovables no conlleva a un empleo eficiente y racional de estos recursos. La eficiencia del calefón solar constituye un parámetro de control del modo de operación del sistema, cuya determinación experimental demanda la medición de variables del propio calefón y del medio ambiente, en condiciones de operación. Es habitual que el fabricante proporcione el valor de eficiencia, medido en banco de pruebas, pero su posterior emplazamiento en distintas condiciones medioambientales y con patrones de uso particulares, provoca que la eficiencia real del equipo sea otra. El problema a resolver es medir la eficiencia en el lugar en el que esté emplazado el calefón, mientras éste está en funcionamiento, a través de un laboratorio móvil (estación remota) y transmitir los datos registrados desde ese lugar hasta un laboratorio (estación fija) en la que serán procesados. La estación fija está integrada por: un transmisor-receptor GSM, encargado de comunicarse con la estación remota; el procesador y base de datos ubicados en una PC conectada al bloque GSM vía USB, y el servidor web conectado a la red de Internet. La estación remota se conecta físicamente al calefón sujeto a ensayo: la salida del calefón a una válvula de apertura y cierre controlada por el sistema electrónico; un termómetro semiconductor de alta precisión mide las temperaturas de entrada y salida del agua, y la salida se conecta a un caudalímetro. Mediante un solarímetro se mide la radiación solar incidente en el mismo plano del colector y con un termómetro se registra la temperatura ambiente. Todo ello está conectado a una placa controladora o *datalogger* para la adquisición y transmisión de los datos analógicos y digitales. El núcleo del equipo es un microcontrolador que está conectado a un *modem* GSM, programado en lenguaje C, que adquiere los datos de los sensores, controla la válvula de extracción de agua, realiza un procesamiento inicial de datos y arma el paquete de información para enviarlo posteriormente a la estación fija.

El sistema desarrollado simula diferentes condiciones de uso de los calefones solares, brindando información para la toma de decisiones de las empresas productoras de equipos, así como para el diseño de campañas de concientización sobre el uso óptimo y racional de los recursos energéticos.



## **42 Ramb - CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GÉNEROS FÚNGICOS EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS TRADICIONALES Y ORGÁNICOS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO**

**TEMPERINI, C.<sup>1,2</sup>; COLODNER, A.<sup>3</sup>; FARÍA C.<sup>1,2</sup>; PARDO, A.<sup>2,4</sup>; POSE, G.<sup>1,2</sup>**

**1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Río Negro. Mitre 331 – (8336) Villa Regina, Río Negro. Argentina. E-mail: [ctemperini@unrn.edu.ar](mailto:ctemperini@unrn.edu.ar)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Av. Rivadavia 1917 - (1000-1499) C.A.B.A., Buenos Aires. Argentina.**

**3. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nacional 22 Km 1190 - (8332) Allen, Río Negro. Argentina.**

**4. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352 – (B1876BXD) Bernal Buenos Aires. Argentina.**

El Alto Valle del río Negro es la principal zona productora y exportadora de frutas de pepita del país. El cultivo se lleva a cabo a través de sistemas productivos tradicionales (SPT) y sistemas productivos orgánicos (SPO). Los SPT aplican fertilizantes, plaguicidas e insecticidas de síntesis química para nutrir y proteger el cultivo y abonos químicos para incrementar la productividad de los suelos. En cambio, en SPO se favorecen las fuentes naturales de fertilidad del suelo, sin el uso de agroquímicos contaminantes y mediante un programa establecido de manejo ecológico.

Así, el objetivo fue analizar la concentración y distribución de géneros fúngicos en ambientes agrícolas de SPT y SPO de la zona mencionada. Cuatro sitios (Contralmirante Guerrico y General Roca-centro- y Villa Regina y Chichinales-zona este-) fueron seleccionados para la recolección de muestras en las cuatro estaciones durante 2014 en chacras con ambos sistemas. Se utilizó un muestreador de aire rotatorio centrífugo (Microflow  $\alpha$  Aquaria) conteniendo placas con medio Agar Papa Dextrosa suplementado con Cloranfenicol (0,1g/L) y Diclorán (2mg/L). Se realizó el recuento diferencial y se identificaron los géneros según Samson *et al* (2000) y Pitt y Hocking (2009). Los resultados fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y Prueba de Comparaciones Múltiples (p-valor=0,05).

En SPT se obtuvo un recuento total de  $7,47 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup> y en SPO de  $9,29 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup>. Los géneros fúngicos hallados en SPT fueron: *Cladosporium*(82,38%), *Alternaria*(9,96%), *Epicoccum*(3,09%), *Aureobasidium*(1,27%), *Fusarium*(0,68%), *Ulocladium*(0,32%), *Botrytis*(0,24%), *Penicillium*(0,16%), *Arthrimum*(0,12%), *Drechslera*(0,09%), *Bipolaris*(0,09%), *Stemphylium*(0,08%), *Phoma* (0,07%), *Aspergillus*(0,03%), *Mycelia sterilia*(0,46%) y otros(0,96%). En SPO fueron: *Cladosporium*(80,32%), *Alternaria*(12,66%), *Epicoccum*(1,73%), *Botrytis*(1,32%), *Fusarium*(0,79%), *Aureobasidium*(0,78%), *Arthrimum*(0,27%), *Penicillium*(0,25%), *Drechslera*(0,14%), *Ulocladium*(0,14%), *Phoma*(0,08%), *Eurotium*(0,06%), *Curvularia*(0,04%),

*Scopulariopsis*(0,04%), *Bipolaris*(0,03%), *Stemphylium*(0,03%), *Mucor*(0,03%), *Aspergillus*(0,01%), *Mycelia sterilia*(0,08%) y otros(1,22%).

Este es el primer reporte que otorga información sobre la concentración y distribución de géneros fúngicos en SPT y SPO de la región, determinándose que los recuentos totales en ambos sistemas se encuentran en el mismo orden por m<sup>3</sup> de aire, no pudiéndose establecer la calidad microbiológica del aire, ya que luego de una búsqueda bibliográfica sólo se hallaron valores estándares para ambientes interiores. Se pudo determinar además una importante biodiversidad fúngica, coexistiendo los mismos géneros en ambos sistemas y no existiendo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en los recuentos (proporción) para cada uno de ellos, siendo los géneros *Cladosporium* y *Alternaria* los predominantes. Sin embargo, géneros como *Mucor*, *Eurotium*, *Curvularia*, y *Scopulariopsis* fueron hallados, en bajas proporciones, sólo en el sistema orgánico.

## **43 RAmB - PURIFICACION DEL 8-DODECENILACETATO A PARTIR DE LA MEZCLA OBTENIDA EN SU SINTESIS**

**FERREYRA, A; BALADA ALCARAZ, G.N; CASTRO, P.; BALADA,L.**

**Universidad Nacional de Cuyo-Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria-  
Laboratorio de Síntesis Orgánica – Bernardo Irigoyen 375 – (5600) - San Rafael –  
Mendoza – Argentina  
E-mail: luisbalada@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

**INTRODUCCION** En el Laboratorio de Síntesis Orgánica (LSO) de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI) se sintetiza el Z-8-dodecenilacetato. Este compuesto es utilizado como feromona atrayente de *Grapholita molesta*, en Técnica de Confusión Sexual (TCS). Los resultados de las pruebas realizadas a campo demuestran que puede ser utilizado sin ser separado de la mezcla de productos orgánicos que se obtiene en su síntesis. No obstante es necesario extraerlo de la mezcla y purificarlo para que la concentración del compuesto principal sea constante en la preparación de los distintos lotes de dispensadores utilizados en TCS. **METODOLOGÍA:** la purificación del 8-dodecenilacetato, se hace por cromatografía en columna, ya que la cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas. Esta técnica permite identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Para separar este compuesto de la mezcla se procede a la preparación de una columna cromatográfica con silica gel Merck 60 (0.040-0.063 mm -230-400 mesh ASTM) en una columna de vidrio, de 2 cm de diámetro interno. Solvente de corrida: mezcla de n-hexano y acetato de etilo, cuya polaridad se va aumentando gradualmente (cromatografía en gradiente). Muestra a cromatografiar: mezcla obtenida en las reacciones de síntesis del 8-dodecenilacetato. Una vez finalizada la corrida, los eluatos obtenidos se someten a cromatografía en capa fina o TLC (*Thin-Layer Chromatography*). Se utilizan cromatoplasmas comerciales Merck de 20x20, de sílicagel 60F250. Se siembran los eluatos y se corren contra testigo (Sigma-Aldrich) en una cuba cromatográfica saturada con los vapores del solvente (hexano: acetato de etilo: benceno) (5: 1: 0,6). Las placas al finalizar se revelan con una solución de permanganato de potasio al 5%. Se comparan los R<sub>f</sub> con el R<sub>f</sub> testigo. Se utiliza TLC para el seguimiento de los eluatos, por la reproducibilidad de la técnica y la ventaja de su eficacia. **RESULTADOS:** Luego de realizar la corrida, el secado de las placas y su posterior revelado, se concluye que el 8-dodecenil acetato, aparece en la fracción n-hexano-acetato de etilo (70:30). Con estos datos se realizan posteriores corridas cromatográficas en columna, recuperándose las fracciones de interés, las cuales son sometidas a análisis instrumentales (GC MSMS)

## 44 RAMb - SELECCIÓN DE CEPAS DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA CON HABILIDAD DECOLORANTE

RODRÍGUEZ M. E.<sup>1</sup>; PERGASSERE G. B.<sup>1</sup>; CAMUSSO C.<sup>1,2</sup>

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Ing. Agr  
Felix Aldo Morrone 746 - Ciudad Universitaria. Córdoba. Argentina.

E-mail: ma.eugeniarodriguez@hotmail.com

2. Departamento de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de  
La Rioja. Argentina.

### Resumen

Frente a la necesidad de desarrollar métodos de tratamientos biológicos prácticos para tratar residuos de colorantes, plaguicidas u otros contaminantes, el uso de variedades de hongos de pudrición blanca de la madera se plantea como una alternativa para la biorremediación que requiere la determinación de las condiciones más adecuadas para el crecimiento fúngico, la activación del sistema ligninolítico en un medio que no corresponde al hábitat natural y la evaluación de cada cepa en particular; ya que cada una posee diferentes mecanismos y requerimientos de cultivo para la degradación de compuestos orgánicos persistentes.

Los hongos de pudrición blanca de la madera y sus enzimas ligninolíticas (peroxidasas, lacasas y oxidasas) presentan un potencial aplicación en la degradación de distintos xenobióticos orgánicos sintéticos que causan problemas medioambientales. La similitud existente entre la estructura química de los monómeros de la lignina y algunos colorantes industriales o plaguicidas hace posible la aplicación de las enzimas extracelulares de los hongos de pudrición blanca de la madera en la degradación de residuos contaminantes.

En este trabajo se evaluó la capacidad de expresión enzimática, el crecimiento y la capacidad de decoloración de dos cepas de basidiomicetes productores de enzimas ligninolíticas: *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* en medio sólido y líquido, frente a tres colorantes seleccionados. La capacidad de expresión enzimática de lacasa y ligninoperoxidasas se midió usando un método que involucra la determinación de la tasa de crecimiento de cada cepa en placa, calculando la relación halo enzimático/crecimiento de colonia del hongo diario en medio sólido con ácido gálico. Su capacidad decolorante se valoró sobre medio líquido con buffer acetato determinado la producción de la enzima lacasa por la oxidación de ABTS. Se realizó un análisis estadístico MANOVA sobre las variables analizadas (actividad enzimática, pH, capacidad de decoloración) demostrando una correlación entre dichas variables y la influencia sobre el crecimiento, desarrollo y capacidad decolorante de los hongos en estudio que permitió comprobar verdaderas diferencias en el comportamiento de los basidiomicetes.

Los resultados demuestran que *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* son productores de lacasa y capaces de degradar al rojo fenol, azul de metileno y el verde de malaquita, siendo *Trametes versicolor* el menos capaz y más sensible. El verde de malaquita resultó ser un colorante que afectó al crecimiento de estos hongos.

## 45 RAMB - MONITOREO DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO

TEMPERINI, C.<sup>1,2</sup>; COLODNER, A.<sup>3</sup>; PARDO, A.<sup>2,4</sup>; POSE, G.<sup>1,2</sup>

1Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Río Negro. Mitre 331 – (8336) Villa Regina, Río Negro. Argentina.

E-mail: [ctemperini@unrn.edu.ar](mailto:ctemperini@unrn.edu.ar)

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Av. Rivadavia 1917 - (1000-1499) C.A.B.A., Buenos Aires. Argentina.

3. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nacional 22 Km 1190 - (8332) Allen, Río Negro. Argentina.

4. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352 – (B1876BXD) Bernal Buenos Aires. Argentina.

### Resumen

En el Alto Valle del río Negro la principal actividad productiva y económica es el cultivo de frutos de pepita (manzanas y peras). La importancia de las investigaciones aerobiológicas radica en detectar organismos potencialmente peligrosos que pueden contaminar y deteriorar cultivos y acumular en ellos sustancias tóxicas que pueden afectar la salud de los animales y el hombre (micotoxinas). El objetivo fue estudiar la biodiversidad y concentración de géneros fúngicos presentes en ambientes agrícolas de esta región. Cuatro sitios (Contralmirante Guerrico, General Roca, Villa Regina y Chichinales) fueron seleccionados para la recolección de muestras en las cuatro estaciones durante 2014. Se utilizó un muestreador de aire rotatorio centrífugo (Microflow  $\alpha$  Aquaria) con placas de Petri conteniendo Agar Papa Dextrosa con Cloranfenicol (0,1g/L) y Diclorán (2mg/L). Se realizó el recuento diferencial y se identificaron los géneros según Samson *et al* (2000) y Pitt y Hocking (2009). El recuento total en verano fue superior a  $1,01 \times 10^5$  UFC/m<sup>3</sup> y la distribución de géneros fue la siguiente: *Cladosporium*(85,90%), *Alternaria*(10,92%), *Epicoccum*(1,35%), *Fusarium*(0,77%), *Aureobasidium*(0,49%), *Drechslera*(0,08%), *Ulocladium*(0,06%), *Aspergillus*(0,04%), *Penicillium*(0,04%), *Curvularia*(0,02%), *Phoma*(0,02%), *Stemphylium*(0,02%), y otros(0,29%). El recuento total en otoño fue de  $2,41 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup> y la distribución de géneros fue: *Cladosporium*(69,12%), *Alternaria*(13,11%), *Epicoccum*(8,60%), *Botrytis*(3,65%), *Fusarium*(1,33%), *Aureobasidium*(0,80%), *Ulocladium*(0,66%), *Arthrimum*(0,33%), *Penicillium*(0,33%), *Bipolaris*(0,21%), *Drechslera*(0,17%), *Aspergillus*(0,08%), *Stemphylium*(0,08%), *Phoma*(0,04%), *Mycelia sterilia*(0,58%), y otros(0,91%). El recuento total en invierno fue de  $1,78 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup> y la distribución de géneros fue: *Cladosporium*(76,61%), *Alternaria*(11,47%), *Aureobasidium*(3,36%), *Epicoccum*(1,68%), *Penicillium*(1,12%), *Arthrimum*(0,89%), *Fusarium*(0,78%), *Ulocladium*(0,45%), *Drechslera*(0,34%), *Eurotium*(0,34%), *Bipolaris*(0,28%), *Botrytis*(0,22%), *Curvularia*(0,11%), *Aspergillus*(0,06%), *Stemphylium*(0,06%), *Mycelia sterilia*(0,22%) y otros(2,01%). El recuento total en primavera fue de  $2,20 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup> y la distribución de géneros fue: *Cladosporium*(75,24%), *Alternaria*(12,88%), *Botrytis*(2,23%), *Aureobasidium*(1,73%),

*Epicoccum*(0,82%), *Phoma*(0,46%), *Arthrinium*(0,32%), *Ulocladium*(0,27%), *Stemphylium*(0,19%), *Penicillium*(0,14%), *Drechslera*(0,09%), *Mycelia sterilia*(1,05%) y otros(4,58%). Este es el primer estudio de estas características en la región que revela una amplia diversidad fúngica en ambientes agrícolas de la misma. Se observa una mayor concentración en la estación estival que va disminuyendo durante el otoño hasta alcanzar su mínimo en el invierno y volviendo a incrementarse en primavera. Se han determinado géneros fitopatógenos y micotoxigénicos, cuya presencia pone en evidencia el potencial peligro que pueden representar para los cultivos y la salud humana por la producción de micotoxinas en frutos infectados. En todas las estaciones el género que predominó fue *Cladosporium*, seguido de *Alternaria*. En futuros estudios se determinará la relación entre la concentración de esporas fúngicas de los fitopatógenos en el ambiente y la manifestación de las patologías causadas por estos sobre los cultivos.

## 46 Ramb - CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GÉNEROS FÚNGICOS EN AMBIENTES AGRÍCOLAS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS TRADICIONALES Y ORGÁNICOS DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO

TEMPERINI, C.<sup>1,2</sup>; COLODNER, A.<sup>3</sup>; FARÍA C.<sup>1,2</sup>; PARDO, A.<sup>2,4</sup>; POSE, G.<sup>1,2</sup>

1. Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Río Negro. Mitre 331 – (8336) Villa Regina, Río Negro. Argentina. E-mail:

[ctemperini@unrn.edu.ar](mailto:ctemperini@unrn.edu.ar)

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Av. Rivadavia 1917 - (1000-1499) C.A.B.A., Buenos Aires. Argentina.

3. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nacional 22 Km 1190 - (8332) Allen, Río Negro. Argentina.

4. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352 – (B1876BXD) Bernal Buenos Aires. Argentina.

### Resumen

El Alto Valle del río Negro es la principal zona productora y exportadora de frutas de pepita del país. El cultivo se lleva a cabo a través de sistemas productivos tradicionales (SPT) y sistemas productivos orgánicos (SPO). Los SPT aplican fertilizantes, plaguicidas e insecticidas de síntesis química para nutrir y proteger el cultivo y abonos químicos para incrementar la productividad de los suelos. En cambio, en SPO se favorecen las fuentes naturales de fertilidad del suelo, sin el uso de agroquímicos contaminantes y mediante un programa establecido de manejo ecológico.

Así, el objetivo fue analizar la concentración y distribución de géneros fúngicos en ambientes agrícolas de SPT y SPO de la zona mencionada. Cuatro sitios (Contralmirante Guerrico y General Roca-centro- y Villa Regina y Chichinales-zona este-) fueron seleccionados para la recolección de muestras en las cuatro estaciones durante 2014 en chacras con ambos sistemas. Se utilizó un muestreador de aire rotatorio centrífugo (Microflow  $\alpha$  Aquaria) conteniendo placas con medio Agar Papa Dextrosa suplementado con Cloranfenicol (0,1g/L) y Diclorán (2mg/L). Se realizó el recuento diferencial y se identificaron los géneros según Samson *et al* (2000) y Pitt y Hocking (2009). Los resultados fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y Prueba de Comparaciones Múltiples (p-valor=0,05).

En SPT se obtuvo un recuento total de  $7,47 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup> y en SPO de  $9,29 \times 10^4$  UFC/m<sup>3</sup>. Los géneros fúngicos hallados en SPT fueron: *Cladosporium*(82,38%), *Alternaria*(9,96%), *Epicoccum*(3,09%), *Aureobasidium*(1,27%), *Fusarium*(0,68%), *Ulocladium*(0,32%), *Botrytis*(0,24%), *Penicillium*(0,16%), *Arthrimum*(0,12%), *Drechslera*(0,09%), *Bipolaris*(0,09%), *Stemphylium*(0,08%), *Phoma* (0,07%), *Aspergillus*(0,03%), *Mycelia sterilia*(0,46%) y otros(0,96%). En SPO fueron: *Cladosporium*(80,32%), *Alternaria*(12,66%), *Epicoccum*(1,73%), *Botrytis*(1,32%), *Fusarium*(0,79%), *Aureobasidium*(0,78%), *Arthrimum*(0,27%), *Penicillium*(0,25%), *Drechslera*(0,14%), *Ulocladium*(0,14%), *Phoma*(0,08%), *Eurotium*(0,06%), *Curvularia*(0,04%),

*Scopulariopsis*(0,04%), *Bipolaris*(0,03%), *Stemphylium*(0,03%), *Mucor*(0,03%), *Aspergillus*(0,01%), *Mycelia sterilia*(0,08%) y otros(1,22%).

Este es el primer reporte que otorga información sobre la concentración y distribución de géneros fúngicos en SPT y SPO de la región, determinándose que los recuentos totales en ambos sistemas se encuentran en el mismo orden por m<sup>3</sup> de aire, no pudiéndose establecer la calidad microbiológica del aire, ya que luego de una búsqueda bibliográfica sólo se hallaron valores estándares para ambientes interiores. Se pudo determinar además una importante biodiversidad fúngica, coexistiendo los mismos géneros en ambos sistemas y no existiendo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en los recuentos (proporción) para cada uno de ellos, siendo los géneros *Cladosporium* y *Alternaria* los predominantes. Sin embargo, géneros como *Mucor*, *Eurotium*, *Curvularia*, y *Scopulariopsis* fueron hallados, en bajas proporciones, sólo en el sistema orgánico.



## **47 Ramb - FANGOS DE COPAHUE MADURADOS IN SITU**

**MONASTERIO, A. M.<sup>1</sup>; SETTI, M.<sup>2</sup>, GOMEZ, M.B.<sup>3</sup>, SORIA, C.O.<sup>3</sup>, ROCA JALIL, M.E.<sup>3</sup>, BASCHINI, M.T.<sup>3</sup>**

**1. Ente Provincial de Termas del Neuquén, EPROTEN, Argentina**

**2. Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, via Ferrata 1, 27100 Pavia – Italia**

**3. Departamento de Química – Facultad de Ingeniería – Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas PROBIEN (CONICET-UNCo)- Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. E-mail: [Miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar](mailto:Miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar)**

### **Resumen**

El sistema termal Copahue es reconocido en todo el mundo por la producción de fangos y aguas termales, originadas por el vulcanismo propio del lugar, que se utilizan con fines terapéuticos y cosméticos. Sin embargo la localidad queda cubierta de nieve durante los meses invernales, impidiendo el acceso a la misma.

Se construyó una pileta, dentro de la cual se colocaron caolinita y bentonita en proporciones adecuadas, manteniendo agitación periódica, y en contacto con las aguas ácidas naturales. Al cabo de cuatro meses se obtuvieron fangos de color similar a los naturales producidos por el sistema, con elevada capacidad de intercambio de iones, superficie específica y poder adsorbente.

Los mismos pueden ser retirados del lugar y trasladados hasta las localidades cercanas para su uso terapéutico, de tal modo de poder continuar con los tratamientos termales durante la etapa inverna.

Se presentan en este trabajo las propiedades de los materiales obtenidos, destacando los aportes que el sistema termal de Copahue realiza sobre las arcillas originales, a través del proceso denominado maduración.

# **EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA RESÚMENES**

## **01 RE - ACTIVIDADES LÚDICAS EN EL AULA VIRTUAL: SU INCORPORACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO**

**ESCUDERO, L. B.<sup>1</sup>; PEREZ, M. B.<sup>1</sup>**

**1. Laboratorio de Química Analítica para Investigación y Desarrollo (QUIANID),  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Cuyo. Padre  
Jorge Contreras 1300 (5500), Capital, Mendoza. Argentina  
E-mail: [letibelescudero@gmail.com](mailto:letibelescudero@gmail.com)**

### **Resumen**

El juego es una actividad que está presente desde etapas tempranas de la infancia y fomenta el desarrollo emocional y cognitivo, a la vez que promueve el intercambio o la vinculación con otras personas e instituciones sociales. La incorporación del juego en la enseñanza básica de las ciencias exactas y naturales se ha utilizado como recurso para lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes. Sin embargo, lamentablemente estas actividades no son practicadas de manera habitual en las aulas universitarias, lo que significa que no se ponen en práctica con los jóvenes-adultos que pertenecen al ámbito de la educación superior. Por este motivo, el objetivo de este trabajo consiste en compartir una experiencia realizada a través de la plataforma virtual “UNCU Virtual” de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO), mediante la cual se incorpora el juego como recurso para motivar a los alumnos en el aprendizaje de la Microbiología, asignatura dictada para las carreras de Licenciatura en Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNCUYO. De esta manera, se proponen diversas actividades lúdicas, tales como resolución de crucigramas, palabras revueltas, sopa de letras, las cuales pueden ser realizadas por los estudiantes bajo una amplia flexibilidad de horarios y espacio físico. Para la creación de tales actividades prácticas, se acudió al uso de los recursos y herramientas ofrecidas por la plataforma virtual, tales como textos, imágenes, documentos para descargar un archivo, opción de subir a la plataforma un ejercicio resuelto o realizar una actividad para completar. El segundo semestre de este año se abrió el espacio para los alumnos que cursan la materia, por lo cual se proyecta evaluar a futuro el impacto de las actividades propuestas en la enseñanza de la Microbiología en la universidad, en combinación con la modalidad de clases presenciales. De esta manera, luego de que los alumnos experimenten las nuevas actividades en el aula virtual, se les realizará una encuesta con el fin de analizar sus opiniones respecto al uso del juego en la plataforma, como complemento de las actividades de aprendizaje cotidianas.

## **02 RE - INCONVENIENTES EN LA CONSTRUCCIÓN Y USO DE DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE EN CURSOS DE FÍSICA BÁSICA CON APLICACIÓN A LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS**

**CHERNIKOFF, R.E.; MUÑOZ PUNTES, E.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bdo. de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

**E-mail: [rchernik@fcai.uncu.edu.ar](mailto:rchernik@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

Cuando se resuelven problemas de dinámica es imprescindible analizar todas las fuerzas relevantes que intervienen en el fenómeno en estudio, tanto aquellas llamadas de contacto como aquellas llamadas de “acción a distancia”. La herramienta para este análisis de fuerzas es el llamado diagrama de cuerpo libre o aislado (DCL), diagrama que es muy útil para entender como se relacionan las distintas fuerzas que actúan sobre cada cuerpo. Sin embargo los estudiantes de ingeniería tienen serios inconvenientes en la construcción y uso de estos diagramas, y por este motivo, un gran número desaprueban las evaluaciones parciales y finales.

Un diagrama de fuerzas puede ser una manera potente de comprender rápidamente un problema y obtener la solución. Ayesh et al, 2010, concluyen que “los estudiantes que dibujan un DCL correcto para un problema particular es probable que lo resuelvan bien, mientras que los estudiantes que no dibujan un DCL, o aquellos que lo hacen incorrectamente, tienen una pequeña probabilidad de resolverlo correctamente.” Un problema es que, en general, ni en los textos ni en las clases se presta una adecuada atención a este tema fuera de su tratamiento que, habitualmente, se realiza con la enseñanza de las leyes de la dinámica.

En la producción de los diagramas de cuerpo libre no alcanza con conocer las leyes de Newton si a ello no se le suma una cuidadosa aplicación de reglas que, si bien no son nuevas, no se utilizan consistentemente ni por los docentes ni por los libros de texto. De esta manera uno de los conceptos más difíciles de la física se torna aún más difícil.

A fin de intentar corregir las dificultades comentadas se ha elaborado, entre otras, una presentación de PP, con cuestiones de opción múltiple, para tratar el tema utilizando la estrategia de enseñanza por pares y para ejercitar la construcción de DCL en el estudio de la estática de los fluidos.

Este trabajo muestra que los materiales elaborados y la atención prestada al desarrollo del tema en las clases ayudaron a los alumnos en la interpretación de situaciones y resolución de problemas, y a comprender la importancia de dibujar DCL advirtiéndoles que los mismos constituyen una herramienta que trasciende al tema en el cual tradicionalmente se enseña.

### 03 RE - EL FORO VIRTUAL COMO HERRAMIENTA FORTALECEDORA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA NO QUÍMICAS

JUAREZ, S. M.; SANTORO, M. I.; RODRIGUEZ, C. S.

Área Química, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250 - (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina  
E-mail: juarez@fceia.unr.edu.ar

#### Resumen

Describimos una experiencia en el uso de foros virtuales realizada con grupo de estudiantes de 2° año de la asignatura Química en carreras de ingenierías no químicas. Establecemos el foro como espacio para introducir el tema Estequiometría, presentando un problema numérico resuelto con la siguiente consigna como objetivo principal: *Justificar la resolución de un problema numérico*. Entendemos que **justificar** es explicitar las razones que demuestren que los cálculos realizados son los adecuados para arribar al resultado. En investigaciones preliminares, hemos encontrado que el porcentaje de estudiantes que logran expresar una justificación válida según los criterios enunciados, es extremadamente bajo. Suponemos que estos resultados están relacionados con la falta de una estrategia comunicacional específica y concreta, que instale de forma explícita el “cómo justificar cada paso en la resolución de situaciones problemáticas”, que legitime y promueva la acción de “justificar”. Los estudiantes no presentan inconvenientes en el uso de las herramientas matemáticas para el cálculo numérico, pero muestran dificultades para expresar las adecuadas justificaciones. En este nuevo escenario, intentamos fortalecer el intercambio de información, animándolos a escribir sus ideas y enfatizando en el compromiso compartido de los participantes en la construcción del conocimiento, ejercitando el pensamiento crítico y creativo. Fortalecer la competencia comunicacional escrita, permite un tratamiento reflexivo de temáticas que a veces, en el aula, suele estar ausente por el escaso tiempo disponible y una cierta timidez de los estudiantes para expresarse ante sus compañeros, admite acrecentar en el alumno la habilidad de la escritura, ayudándolo a ordenar su pensamiento de manera autónoma, entre otras. La metodología que utilizamos es de tipo exploratoria-descriptiva, con un grupo de 24 alumnos participantes, que cursan la asignatura Química en el 2do semestre de 2014. Se analizan las intervenciones de los estudiantes, moderadas por los docentes a cargo, que intervienen orientando el desarrollo de la justificación hacia un modelo sencillo, coherente y válido en el contexto de las carreras de ingeniería. El tiempo transcurrido fue de 3 semanas desde el inicio hasta el cierre del foro. Los resultados de la evaluación de los discursos escritos nos muestran el interés en participar y la preocupación de los estudiantes en lograr la justificación más adecuada para arribar al resultado numérico propuesto, además del impacto positivo que esta práctica tiene en el estudiante, quien desempeña un rol protagónico en las actividades, lo que se evidencia en las actitudes de mayor participación en el aula presencial.

## **04 RE - LOS MODELOS EN LA INGENIERÍA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.**

**SECCO, E. M.; BERTOLÉ, E. M.; DÍAZ, D. O.; GIULIANO, M. G.; ACEVEDO, J.**

**Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería e Investigaciones  
Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza. Argentina.  
[emsecco@yahoo.com.ar](mailto:emsecco@yahoo.com.ar)**

### **Resumen**

En el presente trabajo se describe una propuesta de metodología didáctica a aplicar y evaluar en la cátedra de Análisis Estructural I, asignatura perteneciente al tercer año de la carrera de Ingeniería Civil.

La metodología didáctica consiste en la utilización de varios software específicos en sus versiones gratuitas, teniendo en cuenta que la inserción de la herramienta requiere de estudios profundos y planificación de los momentos de introducción que hagan efectiva la integración. Se plantea un encuadre pedagógico de las actividades de enseñanza, lo cual abarca objetivos generales, específicos, contenidos, competencias y metodologías.

El uso de estas herramientas mediadoras, sin embargo, no es un uso en el que los participantes –profesores y alumnos– lleven a cabo de manera estricta o exclusivamente individual procesos formales de enseñanza y aprendizaje. Por el contrario, es un uso que se ubica, necesariamente, en el marco más amplio de la actividad conjunta que unos y otros desarrollan alrededor de los contenidos y tareas que son objeto de enseñanza y aprendizaje. El objetivo de investigación que se plantea es diseñar y evaluar una secuencia didáctica que implique para los estudiantes un estudio de los modelos físico matemáticos asociados a estructuras a través de software. Las actividades se formulan de manera que los alumnos expliciten y cuestionen sus percepciones a priori contrastándolos con los modelos teóricos, favoreciendo la formulación y validación de hipótesis.

Desde la perspectiva de investigación se hace foco en las relaciones que se establecen entre los tres elementos que conforman el triángulo didáctico: el contenido que es objeto de enseñanza y aprendizaje, la actividad educativa e instruccional del profesor y la actividad de aprendizaje de los alumnos. Uno de los principales objeto de estudio son las interacciones que surgen del triángulo didáctico modifican apreciablemente las relaciones entre los alumnos entre sí, los alumnos y los docentes, los alumnos y el software. Se plantea el estudio en forma cualitativa a partir múltiples estrategias: a) análisis de contenido comparativo de las producciones de los alumnos y los contenidos de referencia planteados por los docentes; b) observaciones participantes y registros de las clases, con énfasis en las interacciones interpersonales; c) entrevistas a docentes y alumnos, relevando aspectos positivos y negativos sobre la metodología didáctica y los resultados de aprendizaje.

Los resultados esperados se dirigen a la evaluación de la efectividad de cada una de las estrategias docentes implementadas en relación al aprendizaje de los alumnos y la persistencia de errores, y en cuanto a las percepciones de docentes y alumnos.

## **05 RE - LA IMPORTANCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA ASIGNATURA “SUSTENTABILIDAD” EN LA CURRÍCULA DEL INGENIERO AGRÓNOMO EN ARGENTINA**

**GALLY, T. A.<sup>1</sup>; MINAVERY, C. M.<sup>2</sup>**

**1. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y ex 7 -  
(6700) Luján, Provincia de Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: gallymin@coopenetlujan.com.ar.**

**2. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján, Rutas 5 y ex 7  
– (6700), Provincia de Buenos Aires. Argentina. Instituto de Investigaciones Jurídicas  
y Sociales Ambrosio Lucas Gioja, Facultad de Derecho, Universidad de Buenos Aires.  
CONICET, Argentina. Email: cminaverri@derecho.uba.ar**

### **Resumen**

La tendencia actual de educar dentro del concepto de desarrollo sustentable, dará como resultado un nuevo tipo de crecimiento económico que pueda promover la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza.

En la formación de profesionales, el desarrollo de sus competencias debe cumplir un papel muy importante, pero es fundamental que además de adquirir los conocimientos técnicos necesarios, desarrollen diversas actitudes y aptitudes que le permitirán desenvolverse con responsabilidad y eficiencia.

En lo que se refiere a la educación ambiental, la misma no puede obviar un conocimiento de gestión ambiental ya que desde distintos puntos de vista los egresados forman parte activa de los procesos de producción, por ejemplo los ingenieros agrónomos son responsables directos de temas relacionados con la calidad ambiental en la actividad agropecuaria.

El trabajo parte de una descripción de los principales instrumentos internacionales ambientales que comprometen a nuestro país al cumplimiento de metas, legislación vigente, protocolos y normas de relacionadas con el área, enfatizando la importancia de recibir durante su formación de grado estos conocimientos.

Desde el punto de vista metodológico, se utilizará el método de observación documental, el cual consiste en obtener información mediante la percepción selectiva, ilustrada e interpretativa de un fenómeno determinado. Asimismo se utilizará el método analítico, y los datos cualitativos recogidos serán secundarios (doctrina, guías y legislación).

El objetivo principal es destacar la importancia de la inclusión de la asignatura “Sustentabilidad” en las curriculas, al igual que la calidad de sus contenidos.

Se considera asimismo, que resultaría pertinente incorporar estos contenidos en la etapa de formación básica de grado de los ingenieros agrónomos, agregando valor a la curricula y al perfil del egresado, teniendo en cuenta que dichos conceptos en la actualidad suelen brindarse a través de la formación profesional en el área de posgrado, o bien puertas adentro de su hábitat laboral como parte de su plan de carrera en algunas organizaciones de excelencia.

## **06 RE - TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO DESDE LA UNIVERSIDAD PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE COMUNIDADES SALUDABLES EN RELACIÓN CON EL CONSUMO DE ALIMENTOS**

**CIVES, H. R.<sup>1</sup>; ROUSSERIE, H. F.<sup>1</sup>; VELAZQUE, M. S.<sup>1</sup>; MARTINEZ, H. J.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Mons.  
Tavella 1450- (2300) Concordia, Entre Ríos. Argentina  
E-mail: [civesh@fcal.uner.edu.ar](mailto:civesh@fcal.uner.edu.ar)**

### **Resumen**

La Facultad de Ciencias de la Alimentación de la UNER, situada en la ciudad de Concordia es el referente de la generación de conocimiento vinculado a los diferentes factores que afectan a una alimentación saludable, como aspectos sanitarios, componentes, materiales y tipos de envases. El objetivo general del presente trabajo es contribuir en acciones socio-sanitarias en el marco de las problemáticas relacionadas con las Buenas Prácticas de Manufactura, los hábitos alimentarios y de higiene al momento del consumo de alimentos que favorezcan una vida saludable. En cuanto a los objetivos específicos se trata de: fortalecer las debilidades estructurales y culturales de quienes tienen a su cargo la manipulación de alimentos en diversas comunidades escolares y afianzar la formación académica integral de los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Alimentación como protagonistas en la transferencia del conocimiento en el territorio, que permita desarrollar en los mismos una conciencia objetiva y crítica respecto a la realidad que vive la sociedad. Para la metodología de trabajo se convocaron a seis alumnos avanzados de la Carrera de Ingeniería en Alimentos. Se realizó un relevamiento de escuelas primarias de la periferia de la ciudad de Concordia y se seleccionaron cuatro que contaran con comedor escolar. Se trabajó hasta el momento con dos de ellas durante el mes de octubre con los alumnos de sexto grado, sus docentes y el personal de comedores. Los alumnos universitarios prepararon diferentes Talleres sobre Buenas Prácticas de Manufactura en general, y referidas a comidas para celíacos en particular, transmisión de enfermedades alimentarias (ETAs), inspección y relevamiento del comedor de la escuela y otros aspectos como la información nutricional de los alimentos envasados. Para finalizar los alumnos de primaria elaboraron un guiso tradicional y un guiso apto para celíacos teniendo en cuenta todos los cuidados de higiene y de elaboración para que el producto sea nutritivo, saludable e inocuo, bajo la supervisión de docentes universitarios y primarios integrantes del proyecto, los becarios y el personal de cocina. Finalmente y como cierre del plan de actividades los alumnos de primaria junto con los padres recorrieran algunos negocios de la zona observando lo aprendido en la escuela. Cabe agregar que los docentes de primaria continuaron trabajando en el aula los contenidos desarrollados en los Talleres. Las encuestas realizadas al personal docente y directivos de las escuelas primarias sobre la pertinencia de las actividades realizadas arrojaron un elevado índice de resultados positivos. Palabras claves: alimentación saludable, manipulación de alimentos, celiaquía.



## **07 RE - LA ARTICULACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO ENTRE QUÍMICA GENERAL Y TERMODINÁMICA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS COMO ESTRATEGIA PARA FAVORECER APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS**

**MARTÍNEZ, H. J.<sup>1</sup>; ROUSSERIE, H. F.<sup>1</sup>; VELAZQUE, M. S.<sup>1</sup>; CIVES, H. R.<sup>1</sup>;  
GONZÁLEZ ALEJANDRO, M. E.<sup>1</sup>; CAYETANO ARTEAGA, M. C.<sup>1</sup>; RODA, G.  
M.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias de la Alimentación - Universidad Nacional de Entre Ríos. Av. Mons. Tavella N° 1450 – TEL.: (0345) - 4231450 – (3200) Concordia, Entre Ríos, Argentina. E-mail: [martinezh@fcal.uner.edu.ar](mailto:martinezh@fcal.uner.edu.ar)**

### **Resumen**

Las prácticas de laboratorio de química general que habitualmente realizamos junto con los alumnos pertenecientes a las carreras de ingeniería en la República Argentina están basadas en el seguimiento de guías cerradas de laboratorio, mostrándose las mismas insuficientes en el orden de aprendizaje de un gran número de objetivos especificados en la mayoría de los currículos de ciencia. La materialización de las prácticas de laboratorio siempre han constituido una problemática dentro de un colectivo de profesores que prefieren las clases teóricas y las clases prácticas de resolución de ejercicios y problemas con lápiz y papel. Aún hoy, algunos profesores universitarios la ven como algo ajeno, divorciado del resto del sistema de las formas de enseñanza-aprendizaje concebidas para el cumplimiento de los objetivos de la asignatura. Durante el transcurso del último ciclo lectivo, se propuso en conjunto con la cátedra de Termodinámica de la carrera de Ingeniería en Alimentos la realización de un trabajo práctico colaborativo entre alumnos y docentes de ambas asignaturas como forma superadora y enriquecedora de la actividad científica. Se implementó la articulación de contenidos comunes entre materias para ello se seleccionó trabajar como tema *Estados de Agregación de la Materia*. Se tuvieron en cuenta para ambas materias un relevamiento sobre las guías de trabajos prácticos relacionados a los mismos, sus enfoques y metodologías con la finalidad de dejar de lado que los alumnos realicen un mero seguimiento de las mismas a través de la lectura individual y fragmentada, en el que si bien logran con eficacia ilustración y la adquisición de destrezas manipulativas, están ausentes la mayor parte de los procesos presentes en el currículo, tales como el planteamiento y la acotación del problema, el manejo de la bibliografía, la emisión de hipótesis, el análisis de resultados, la extracción de conclusiones, la socialización y la puesta en común, la toma de decisiones y redacción del trabajo práctico. Esta forma tan valiosa de enriquecimiento entre cátedras dejó un aporte muy significativo tanto para alumnos como para docentes de ambas asignaturas en la carrera de Ingeniería de Alimentos y Tecnicatura Superior en Tecnología de Alimentos, no solo porque permitió innovar las dinámicas de las prácticas del laboratorio, sino porque también permitió al alumnado intercambiar experiencias con alumnos avanzados en la carrera cuya visión sobre los procesos de ingeniería relacionados a los cambio de estado hacen ver la relevancia del tema en la vida profesional de los futuros egresados.

**Palabras clave:** Química General, Articulación, Aprendizajes Significativos, Experiencia directa.

# **08 RE - DETERMINACIÓN DE CARGAS CRÍTICAS DE PANDEO DE PLACAS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS: IMPLEMENTACIÓN PEDAGÓGICA ORIENTADA A LA ENSEÑANZA DE MÉTODOS NUMÉRICOS**

**RAICHMAN, S. R.<sup>1</sup>; TOTTER, E.<sup>1</sup>; MIRASSO, A. E.<sup>1</sup>,**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario.  
Parque General San Martín, Mendoza. Argentina  
E-mail:[sraichman@fing.uncu.edu.ar](mailto:sraichman@fing.uncu.edu.ar); [etotter@fing.uncu.edu.ar](mailto:etotter@fing.uncu.edu.ar),  
[aemirasso@fing.uncu.edu.ar](mailto:aemirasso@fing.uncu.edu.ar),**

## **Resumen**

Al momento de diseñar y desarrollar intervenciones educativas tendientes a promover el aprendizaje complejo de métodos numéricos en carreras de ingeniería, es necesario tener debidamente en cuenta una serie de aspectos clave. Los mismos están dados por la adecuada elección, jerarquización, mediación pedagógica e implementación de los contenidos que formarán parte de las propuestas pedagógicas a implementar. De esta manera el docente debe ser capaz de abordar contenidos que tengan en cuenta situaciones problema cercanas a los estudiantes, que impliquen un nivel adecuado de complejidad y que a la vez representen problemas relevantes de la ingeniería. Los conceptos del denominado Aprendizaje Basado en Problemas, brindan un marco teórico adecuado para el desarrollo de actividades significativas de aprendizaje que tengan en cuenta los aspectos mencionados anteriormente. En el presente trabajo, se describen los aspectos fundamentales del proceso de mediación pedagógica de una situación de prueba, seleccionada para su utilización en el marco de la asignatura Matemática Avanzada, correspondiente a la carrera de ingeniería en Mecatrónica que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, en la provincia de Mendoza, Argentina. La situación mencionada, brinda la oportunidad a los estudiantes de aplicar los conocimientos adquiridos relacionados al Método de Diferencias Finitas en un dominio de dos dimensiones, a la resolución de un problema relevante de la ingeniería tal como es la determinación de cargas críticas de pandeo de placas. Se presentan resultados obtenidos a partir del proceso de mediación pedagógica del tema seleccionado y consideraciones finales referentes al trabajo desarrollado.

**09 RE - EDUCACIÓN EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.  
NUEVO MODELO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DESDE EL CAMPUS  
VIRTUAL DE LA FCEIA**

**SCOTTA, V.<sup>1</sup>; JUAREZ, S.M.<sup>2</sup>; MARCHISIO, S.<sup>3</sup>; FERRARA, S.<sup>4</sup>; VALENTE  
HERVIER, X.A.<sup>5</sup>**

**1-2-3-4 y 5 Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad  
Nacional de Rosario. Avenida Pellegrini 250 - (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina  
E-mail:[scotta@fceia.unr.edu.ar](mailto:scotta@fceia.unr.edu.ar), [juarez@fceia.unr.edu.ar](mailto:juarez@fceia.unr.edu.ar),  
[smarch@fceia.unr.edu.ar](mailto:smarch@fceia.unr.edu.ar), [sferrara@fceia.unr.edu.ar](mailto:sferrara@fceia.unr.edu.ar), [xvalente@fceia.unr.edu.ar](mailto:xvalente@fceia.unr.edu.ar)**

**Resumen**

Describimos el proyecto a desarrollar, que tiene por objeto diseñar e implementar, desde el espacio virtual del Departamento de Educación a Distancia de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la FCEIA, una metodología de enseñanza que promueva un aprendizaje acorde al logro del desarrollo sustentable. El objetivo del proyecto es desarrollar una metodología para promover en la comunidad educativa de la FCEIA la visión integradora que requiere el desarrollo regional desde el paradigma de la sustentabilidad. La metodología aplicada en este trabajo será del tipo cuali-cuantitativa. Se analizará la estructura productiva mediante datos estadísticos, también el comportamiento organizacional e institucional de la región. Se recurrirá al método comparativo en los modos diacrónico y sincrónico de los procesos y factores intervinientes para una mejor comprensión de la perspectiva de la sostenibilidad. El grupo de discusión será una práctica constante, donde cada integrante aportará reflexión crítica desde su abordaje profesional, disciplinar y o teórico. Se realizarán análisis hermenéuticos, cuantitativos y cualitativos de fuentes documentales y estudios de caso. Se pretende contribuir a la mejora de la enseñanza de la ingeniería a través de una metodología de enseñanza aprendizaje enmarcada en el paradigma de sostenibilidad, y dirigida a docentes y alumnos del grado y pos y pregrado de la Universidad Nacional de Rosario. Los resultados se transfieren permanentemente mediante las acciones realizadas por el Instituto Tecnológico en Diseño e Innovación de la FCEIA, por la Fundación Facultad de Ingeniería, por el CIDAM y por las actividades de capacitación y educación superior organizadas por la Escuela de Posgrado y Educación Continua, Asimismo por la Cátedra Andrés Bello (CAB), y la Cátedra de la Integración Latinoamericana /ALADI. Como conclusiones estimadas, este proyecto se orientará a generar conocimiento endógeno como insumo estratégico para definir y emprender acciones tendientes a intervenir en la complejidad de los escenarios a través de programa de capacitación orientados a articular actores académicos y empresariales en el marco de una interacción público-privado. Es importante por el fuerte impacto que tendrá por su aporte al desarrollo social y económico desde la perspectiva de la sostenibilidad.

## **10 RE - ¿POR QUÉ FLOTAN O SE HUNDEN LOS CUERPOS? PENSAMIENTOS DE ALUMNOS UNIVERSITARIOS**

**LUCERO, L.L.<sup>1</sup>; CHERNIKOFF, R.E.<sup>1,2</sup>; RENNA, L.A.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375 - (2600) San Rafael, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [llucero@fcai.uncu.edu.ar](mailto:llucero@fcai.uncu.edu.ar)**

**2. Facultad Regional San Rafael. Universidad Tecnológica Nacional. Gral. Paz y Urquiza - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

### **Resumen**

La experiencia docente en el ámbito de la Universidad demuestra que los alumnos presentan confusiones conceptuales cuando intentan explicar fenómenos de la vida cotidiana con los conocimientos que tienen de ciencias. Es por ello que el interés del presente trabajo está puesto en comprender como influyen los conceptos previos que los alumnos poseen al momento de estudiar un tema de Física con el que tienen contacto casi diariamente, como es el caso de la flotación de los cuerpos.

Con el fin de hacer un estudio descriptivo de las concepciones erróneas que los alumnos poseen, se trabajó con una prueba consistente en diez problemas en los que se les presenta a los alumnos distintas situaciones con cuerpos total o parcialmente sumergidos y se les solicita que apliquen sus conocimientos para explicar cada caso.

La prueba se aplicó a un grupo de 35 alumnos de Física I, de distintas carreras de ingeniería, previo al desarrollo del tema en clase, durante el segundo semestre de 2013. Esto permitió identificar algunas de las ideas erróneas que tienen nuestros alumnos sobre el tema objeto de estudio, y cuáles se originan o se refuerzan por una asociación incorrecta de los conceptos trabajados en clase, ya que la mayoría de los alumnos han estudiado la temática en cuestión en la escuela media, y algunos, inclusive, en la primaria.

En principio se clasificaron las respuestas en trece categorías que relacionan el empuje con características propias del cuerpo (volumen, densidad, forma, peso, material), con características propias del fluido (densidad y cantidad) y con otros conceptos como volumen de fluido desalojado, profundidad, presión y superficie de contacto.

Un número aproximado al 30% de los alumnos relaciona adecuadamente la dependencia del empuje con el volumen de fluido desalojado y la densidad del mismo. Se encontró además que un número considerable de estudiantes dan respuestas correctas en cuanto a qué sucederá en las situaciones planteadas, sin embargo al momento de justificar las mismas lo hacen de manera incorrecta; varios, además, no interpretan el empuje como una fuerza por lo que no lo incluyen dentro de la estructura de la mecánica clásica. Las conclusiones preliminares indican que a los alumnos universitarios les resulta complicado comprender el tema acabadamente ya que un porcentaje bajo pone de manifiesto una comprensión satisfactoria mientras que un porcentaje bastante mayor refleja evidentes dificultades respecto a por qué flotan o se hunden los cuerpos.

## **11 RE - ESPACIOS DE INTERACTIVIDAD PARA EL APRENDIZAJE COMPLEJO DE CONCEPTOS DE MATEMÁTICA AVANZADA**

**RAICHMAN, S. R.<sup>1</sup>; TOTTER, E.<sup>1</sup>; MIRASSO, A. E.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario.  
Parque General San Martín, Mendoza. Argentina  
E-mail: [sraichman@fing.uncu.edu.ar](mailto:sraichman@fing.uncu.edu.ar), [etotter@fing.uncu.edu.ar](mailto:etotter@fing.uncu.edu.ar),  
[aemirasso@fing.uncu.edu.ar](mailto:aemirasso@fing.uncu.edu.ar),**

### **Resumen**

Diversos aspectos inherentes a la enseñanza de conceptos matemáticos de nivel avanzado, en carreras de ingeniería, no pueden ser dejados de lado al momento de diseñar intervenciones educativas a partir de las cuales dichos conceptos serán presentados a los estudiantes. El acercamiento a un enfoque pedagógico concebido a partir de la implementación sistematizada, equilibrada y coherente de estrategias didácticas adecuadas, sustentadas por el concepto de formación basada en competencias y que tiendan a promover el aprendizaje complejo de los contenidos involucrados, se convierte de esta manera en una premisa fundamental a ser tenida en cuenta por los equipos docentes encargados de diseñar dichas intervenciones. La transformación educativa que es necesario proyectar, avanzando sobre los modelos de enseñanza tradicionales, se basan en la disponibilidad de una amplia gama de escenarios educativos que brinden la posibilidad de disponer de una serie de herramientas que permitan abrir nuevas puertas al aprendizaje. La calidad y variedad de dichos escenarios juegan un rol fundamental a la hora de establecer criterios de mejora de los procesos de construcción de conocimientos de los estudiantes involucrados y de incrementar el aprendizaje significativo de los mismos. En el presente trabajo, se presentan y discuten aspectos relativos al diseño e implementación de una intervención educativa desarrollada en el marco de la asignatura Matemática Avanzada, correspondiente a la carrera de ingeniería en Mecatrónica, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo en la provincia de Mendoza, Argentina. La propuesta mencionada, se encuentra enmarcada por el desarrollo articulado y coherente de una serie específica de actividades de aprendizaje, tanto presenciales como virtuales, sincrónicas como asincrónicas, teóricas y experimentales, que conforman un entramado multidimensional que contiene y brinda sentido didáctico a los objetivos planteados por el equipo docente de la asignatura. Se presentan una serie de resultados cualitativos y cuantitativos relevados durante el transcurso de los ciclos lectivos 2013 y 2014 de implementación efectiva de la propuesta en las aulas de la asignatura.

## **12 RE - “LAS AUTOBIOGRAFÍAS ESCOLARES COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: UNA INNOVACIÓN DIDÁCTICA”**

**MUSALE, V. C. ; PRÓSPERI, S .**

**Colaboradores: ARRESEYGOR, S.; CATALÁN, L.; MANUEL, B; MÁRQUEZ, E.; ORDENES, N.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo- Bernardo de Irigoyen 345 - (5600)- San Rafael. Mendoza. Argentina.**

**E-mail: ceciliamusale@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

La finalidad del presente trabajo es describir los resultados de una estrategia de innovación didáctica que supone pensar las vivencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje de conocimientos científicos a partir de la escritura de autobiografías escolares, con la intencionalidad de recuperar la historicidad de las ideas sobre dichos procesos en las diferentes trayectorias escolares de los alumnos del Profesorado Universitario en Química. Otra finalidad de la estrategia, fue transformar las “narrativas personales” en “historias pedagógicas” incluyendo la voz de los actores, sus representaciones y vivencias en torno algunos de los momentos transitados por el sistema educativo junto a una reflexión acerca de la educación en ciencias, de las políticas educativas, del rol docente, las instituciones, los contenidos escolares, las estrategias de enseñanza, los recursos didácticos, otros.

Los principios de la metodología cualitativa fueron el eje vertebrador del presente trabajo, destacando los siguientes momentos que guiaron el desarrollo de la misma: elaboración de autobiografías vinculadas a la construcción del saber científico a partir de la selección de experiencias formativas representativas; análisis de contenido; emergencia de dimensiones de análisis; elaboración de unidades de análisis; comprensión de las unidades de análisis; complementariedad y contraste.

El universo documental analizado lo constituyeron las autobiografías en el espacio curricular de Mediación Pedagógica y Currículum del Profesorado Universitario en Química de la UNC con autoría individual.

Cada uno de estos documentos constituyó una unidad de registro en la que se inscribieron y expresaron vivencias relacionadas a la construcción de conocimientos en el campo de las ciencias.

La valoración de los procesos de enseñanza y aprendizaje de saberes científicos a partir de la rememoración de recuerdos escolares permitió pensarnos a nosotros mismos y a la enseñanza de las ciencias en relación a la tarea docente, los mandatos sociales, los enfoques y modelos pedagógicos, los valores culturales, el rigor científico de los saberes aprendidos, etc. acordando o disintiendo con los mismos, manifestándose en actitudes y posiciones que constituyen la fundamentación de la toma de decisiones en las prácticas docentes, así también pensar innovaciones didácticas como propuestas de enseñanza generadas a partir de rupturas con prácticas vigentes o del pasado, ensambladas con los contenidos disciplinares atendiendo a intereses culturales de los estudiantes.

**Palabras Claves:** autobiografías escolares, enseñanza de las ciencias, innovaciones didácticas.

### **13 RE - “LA ARGUMENTACIÓN EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL DOCENTE DE LOS ALUMNOS DEL PROFESORADO EN QUÍMICA”**

**MUSALE, V. C. ; PRÓSPERI, S .**

**Colaboradores: ARRESEYGOR, S.; CATALÁN, L.; MANUEL, B ; MÁRQUEZ, E. ; ORDENES, N.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo- Bernardo de Irigoyen 345 - (5600)- San Rafael. Mendoza. Argentina.**

**E-mail: ceciliamusale@yahoo.com.ar**

#### **Resumen:**

En el presente trabajo, se estudió el desarrollo de la capacidad argumentativa en las prácticas docentes de los futuros profesores en Química, con el fin de analizar la presencia o ausencia de habilidades de pensamiento que se involucran en los procesos de argumentación. Se entiende que la práctica docente supone el dominio de un saber específico que la distingue de otros saberes al permitir la intervención en contextos diversos y singulares. Los procesos argumentativos en las prácticas de enseñanza se analizaron desde la perspectiva concretada por Toulmin (1993), en la que plantea una revisión de la argumentación como una teoría del razonamiento práctico. Se indagaron también los conocimientos en acto vinculados al saber pedagógico presentes en los procesos argumentativos. La investigación fue de tipo exploratoria ya que permitió una aproximación al estudio de las "argumentaciones" construidas por alumnos del profesorado en química en el trayecto de la práctica docente. El universo con el cual se trabajó estuvo conformado por alumnos del trayecto pedagógico de la práctica profesional que participaron en instancias formativas sobre procedimientos argumentativos según el esquema propuesto por Toulmin a fin de ser analizados a modo de casos. La metodología según a quién y qué se estudia, se interesa por las experiencias vinculadas a la práctica docente, por los conocimientos presentes y por los relatos de las mismas. Según las particularidades del método es interpretativa y analítica de los datos según el contexto en el que fueron producidos. Se trabajó con análisis de contenido de los diarios profesionales donde se registraron y narraron las prácticas docentes. Por otro lado se realizaron entrevistas a los alumnos participantes y observaciones de las prácticas en dicho periodo formativo. A partir del análisis de los diarios, se pudo evaluar el tipo de argumentación esgrimida por los alumnos, la que permitió visualizar dónde residen las dificultades o fortalezas para argumentar las prácticas docentes y fundamentar las decisiones tomadas en las mismas a partir de la creación de conceptos, supuestos, teorías, datos empíricos, cuyos resultados generan nuevos conceptos y teorías.

**Palabras Claves:** argumentación; construcción de conocimiento pedagógico; práctica profesional docente.

## **14 RE - PROGRAMA INNOVADOR PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN CURSOS DE GRADO.**

**SACERDOTI, A.; GUTIERREZ E. M.**

**Facultad de Ingeniería UBA. Paseo Colón 850 CABA.**

**Facultad de Ingeniería UNLAM. Florencio Varela 1904. San Justo. Provincia de Buenos Aires. Argentina.**

**Email: mabeledith@gmail.com .**

### **Resumen**

Es usual un enfoque clásico en la mayoría de los cursos de Estadística en carreras de grado, y en particular en las carreras de ingeniería en Argentina. Sin embargo, nosotros consideramos que es mejor para el alumno comenzar con un enfoque bayesiano, por dos motivos fundamentales: 1) no requiere mayor nivel que un cálculo matemático de grado universitario (análisis matemático I y II), así como tampoco la introducción de nuevos conceptos complejos para ellos, 2) es útil por sus aplicaciones en otras materias y en su ejercicio profesional. Para lograr un aprendizaje de Estadística Bayesiana en los cursos elementales se propone un modelo de programa para los mismos.

Hay una gran inercia aún para cambiar el enfoque de la enseñanza de la Estadística, sin embargo de lo observado en diferentes cursos dictados en las facultades de ingeniería de las universidades UBA y UNLAM, se infiere que la comprensión de la Estadística Bayesiana, así como su aplicación a casos concretos, resulta más sencilla e intuitiva que la Estadística Clásica. Además los intervalos de confianza Bayesianos para un parámetro expresan una probabilidad cierta de que ese parámetro pertenezca a dicho intervalo. Los intervalos clásicos para una muestra tomada no miden la probabilidad de que el parámetro pertenezca al mismo y esto frecuentemente va contra la intuición y provocan errores en la interpretación del alumno medio. Las funciones predictivas son una forma de aprovechar toda la información que da la función a posteriori del parámetro de una población, y su cálculo, en especial cuando se trata de un único parámetro es de resolución muy directa o puede trabajarse con programas de computación e incluso calculadoras.

***Palabras claves:*** Estadística Bayesiana, aprendizaje, programa del curso.



## **15 RE - ARTICULACIÓN VERTICAL ENTRE ASIGNATURAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA.**

**VIVAS, L. A.<sup>1</sup>; MICHEL, R. L.<sup>1</sup>; ALBARRACÍN, C. M.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Instrumentación y Control de Procesos de Ingeniería Química Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150 (4400) Salta, Capital. Argentina  
E-mail: leticia.vivas@gmail.com**

### **Resumen**

Desde el inicio del proceso de acreditación de las carreras de Ingeniería, se impuso la necesidad de considerar una articulación tanto vertical como horizontal entre las asignaturas de las carreras. En este trabajo se presenta una articulación vertical entre las asignaturas Análisis Numérico de segundo año e Instrumentación y Control de Procesos de quinto año, ambas de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, perteneciente a la Universidad Nacional de Salta. A partir de esta propuesta se esperaba ejemplificar la relación existente entre contenidos de materias del área básica y de las profesionales específicas. Teniendo en cuenta que, en todas las industrias químicas se encuentra un gran número de intercambiadores de calor y su eficiente funcionamiento es importante para minimizar costos, se seleccionó este equipo para que los estudiantes que cursan Instrumentación y Control de Procesos, realicen el estudio dinámico y el control del mismo. Se ha considerado un modelo a parámetros distribuidos que resulta en un sistema de ecuaciones diferenciales a derivadas parciales y ordinarias. Para resolver dicho modelo matemático se ha planteado un esquema en diferencias finitas, método que fue estudiado durante el cursado de Análisis Numérico. Esta sencilla herramienta de cálculo hizo posible que los estudiantes, dentro del tiempo de cursado, estudien los equipos con modelos planteados con rigurosidad adecuada, pero que al mismo tiempo no les significó un esfuerzo adicional en profundizar en matemáticas avanzadas. Además de ser empleada en el control del equipo, existe la posibilidad de incorporarla al control integrado de una planta. También, se pudo observar durante el desarrollo de las clases y en las evaluaciones correspondientes, que a partir de la implementación de esta propuesta los estudiantes consolidaron y relacionaron los conocimientos aprendidos en las materias articuladas y otras materias donde se estudia el diseño de estos equipos. Asimismo, esta actividad les permitió comprender la importancia de conocer y manejar adecuadamente este tipo de herramientas de cálculo para el desempeño de su futura actividad profesional.

## **16 RE - EPISTEMOLOGÍA DE LA QUÍMICA Y SUS POSIBLES VINCULACIONES CON EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA**

**MÁRQUEZ, M.E.<sup>1,2</sup>; BIELLI, R.<sup>1,3</sup>; MUSALE, C.<sup>1,2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 (5600). San Rafael, Mendoza, Argentina  
E-mail: [kukenamar@yahoo.com.ar](mailto:kukenamar@yahoo.com.ar)**

**2. Instituto de Enseñanza Superior del Atuel, 9-011. Maza 750, San Rafael, Mendoza,  
Argentina.**

**3. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, sede San Rafael.**

### **Resumen**

Este trabajo intenta indagar el campo de la epistemología de la química para lograr un entendimiento crítico y profundo de la disciplina, de manera que acerque tanto a educadores como a estudiantes de química hacia una perspectiva que resignifique su campo conceptual. En la currícula perteneciente a las materias de ciclo básico de carreras de grado universitarias y no universitarias, el espacio de la Química ocupa un lugar relevante, reconocido por el alto grado de inconvenientes que los estudiantes presentan en su proceso de aprendizaje. En líneas generales, el presente trabajo propone reconocer cuáles son los obstáculos epistemológicos relacionados con el área de la química, para a partir de ellos, construir herramientas innovadoras que favorezcan el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química. En una primera etapa, se investiga sobre el estado de arte de la epistemología de la química, partiendo de la consideración que concede la epistemología como medio para el análisis de carácter científico, a través del cual se puede llevar a cabo una vigilancia entre el sujeto cognoscente, el objeto de estudio y la realidad. Esto permite la revisión de la coherencia interna de la química, escapando de la tendencia rígida heredada de una posición dominante. A partir de esta revisión, se reconocen los obstáculos epistemológicos y grandes rupturas hacia el interior de la química. La segunda etapa se centra en la construcción de herramientas innovadoras en formato de pruebas piloto, para dar luz desde una perspectiva superadora, a los obstáculos detectados en la primera etapa. Luego de llevar a cabo un estudio intensivo de producciones vinculadas con el desarrollo histórico epistemológico de la química, desde la mirada que relaciona la filosofía de las ciencias con la didáctica de la ciencia, se encontraron importantes rupturas epistemológicas y junto a ellas, obstáculos epistemológicos que podrían dar luz a problemáticas ligadas a la didáctica de las ciencias y su repercusión en la enseñanza y aprendizaje de esta apasionante ciencia. El presente trabajo intenta aportar nuevas formas de comprender y percibir el campo de la química, desde una perspectiva superadora. Junto a Gil Pérez, se comparte la necesidad de un cambio conceptual y metodológico para una educación científica efectiva, que supere la singularidad de las evidencias de sentido común, introduciendo una forma de pensamiento más creativa y rigurosa para dejar atrás la metodología de la superficialidad. De esta forma, las nuevas herramientas desarrolladas responderían a demandas actuales, no solo de didactas y profesores de ciencia, sino principalmente, de los estudiantes actuales.

## **17 RE - CARRERAS CORTAS: CASO DE ANALISIS - TECNICATURA SUPERIOR EN PROGRAMACION**

**CARRIZO, B. R.**

**Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Maestro Marcelo López s/n. Ciudad Universitaria. (5000) Córdoba Capital, Córdoba. Argentina**  
**E-mail: [bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar](mailto:bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar)**

### **Resumen**

A partir del año 2000 y favorecido por leyes de promoción provinciales, se produjo la llegada a la provincia de Córdoba de Empresas internacionales y de gran envergadura, como Intel, Globant, HP, entre las más destacadas por su relación con nuestra Facultad Regional Córdoba, favorecen la inserción de nuestros graduados en la faz laboral y a la vez nos exigen estar al nivel de sus requerimientos en lo referido a Lenguajes de Programación orientados al desarrollo web e interactuando con potentes Bases de Datos residentes en servidores físicamente distantes, lenguajes de consulta estructurados, entre los temas más requeridos.

Otro nicho de mercado lo constituyen las Pymes, que en nuestra provincia, están ávidas de recursos humanos que les automaticen sus procesos en tiempo y forma; lo cual brinda trabajo a programadores independientes o *free lance*.

Previo a este advenimiento y conforme previo estudio de mercado local, la Facultad implementó el 1999 la primera carrera corta orientada a satisfacer esta demanda creciente de perfiles técnicos, a través del dictado de la Tecnicatura Superior en Programación.

El Técnico Superior en Programación participa en proyectos de desarrollo de software desempeñando roles que tienen por objeto producir programas, módulos o componentes de sistemas de computación. Estos módulos suelen integrarse en aplicaciones o subsistemas que interactúan entre sí, con otras aplicaciones ya existentes desarrolladas con la misma o distinta tecnología, con el sistema operativo del computador u otro software de base (motor de base de datos, navegador, monitor de comunicaciones) configurando distintas capas de software que pueden estar distribuidas en diversas máquinas situadas en la misma o distintas ubicaciones.

El campo profesional que se ofrece a los egresados es amplio y está en continua expansión y cambio; ya que toda Empresa u Organización hace uso de servicios de computación de algún tipo, con el objetivo de competir en el nicho de mercado que lidere.

La excelente formación básica de nuestros egresados facilita su inmediata inserción en el medio, ya que el perfil formado responde a los requerimientos de estándares de calidad exigidos por el contexto regional.

A través de este trabajo, se pretende explicar cómo se adecuó el diseño curricular de la carrera al perfil laboral exigido, manteniendo el difícil equilibrio oferta – demanda en un mercado de TI/SI en constante cambio y mutación; desde la creación de la carrera al día de la fecha; constituyéndose en una propuesta educativa consolidada y de reconocida trayectoria, a través de sus egresados, en el mercado cordobés.

## **18 RE - TESIS EMPRENDEDORA: EL USO DE LAS PATENTES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS PROYECTOS FINALES O TESIS PARA LA GENERACION DE EMPRENDIMEINTOS LOCALES INNOVADORES**

**HERRERO, MARÍA ISABEL<sup>1</sup>; ROMERO, GILDA R.<sup>2</sup>**

**1. Facultad Regional Resistencia - Universidad Tecnológica Nacional (UTN – FRRe). Unidad de Vinculación Tecnológica. French 414 – (3500) Resistencia, Chaco. Argentina. E-mail: ingeniera.herrero@gmail.com**

**2. Facultad Regional Resistencia - Universidad Tecnológica Nacional (UTN – FRRe). Auxiliar Docente Práctica Profesional. French 414 – (3500) Resistencia, Chaco. Argentina. E-mail: gilda.romero@gmail.com**

### **Resumen**

En las carreras de ingeniería de las universidades argentinas, generalmente la finalización del plan de estudios se logra a través de un proyecto final o tesis. Dicho proyecto busca integrar los diferentes contenidos desarrollados a lo largo de la experiencia universitaria, a partir de la bibliografía recomendada y avalada por la Universidad (textos universitarios, manuales de ingeniería, catálogos de maquinaria industrial). En algunos casos, esta experiencia didáctica puede resultar en un “Proyecto Final” sustancialmente teórico, extenso, o tecnológicamente sobredimensionado para las realidades locales argentinas. Esto, sumado a la necesidad de la Universidad de adecuar el perfil profesional del ingeniero a la nueva economía basada en la innovación tecnológica, las empresas PYMES y la cultura Emprendedora. Las patentes son indiscutiblemente una fuente inestimable de información técnica sobre innovaciones desarrolladas, validadas y documentadas por terceros, que no se encuentra disponible en ningún otro medio y es la más reciente en su campo de aplicación y sin embargo no es utilizada en la Universidad como fuente de información. Se hace necesario entonces actualizar el concepto de “fuentes de información técnica” e integrarlos con los conocimientos desarrollados en las carreras de ingeniería, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) y el nuevo paradigma en la Educación en la Era del Conocimiento. Objetivos: Este trabajo propone una nueva perspectiva en la (estrategia) didáctica aplicada en la elaboración de las tesis de ingeniería; se introduce el uso de la información contenida en las patentes para su aplicación concreta en trabajos finales de carreras de ingeniería que permita obtener un proyecto susceptible de ser llevado a la práctica y de convertirse en una actividad productiva concreta. Metodología: Se propone introducir en el Proyecto Final o Tesis el uso de las Bases de Datos de Patentes para identificar aquellas tecnologías que complementen la información técnica utilizada en el diseño y desarrollo del Proyecto, según la temática elegida en cada caso. Se introducirán conceptos relacionados al uso estratégico de las patentes, la aplicación de las nuevas tecnologías (TICs) y la gestión del conocimiento en la era digital. Resultados: Se espera la generación de una “Tesis Emprendedora” que permita al futuro ingeniero, no solo finalizar la carrera de grado, sino también contar con un documento que contemple las soluciones tecnológicas más innovadoras que sirva de puntapié para un nuevo emprendimiento innovador que se integre a su realidad productiva local. Conclusiones: Adaptando las estrategias metodológicas de enseñanza y de aprendizaje, utilizando los recursos tecnológicos disponibles para actualizar la forma en la cual se adquiere y se transfiere el conocimiento y se desarrollan las nuevas competencias profesionales, es posible promover la generación de “tesis emprendedoras” que sirvan de base para la creación acelerada de empresas innovadoras que potencien el desarrollo industrial y económico a nivel local.

## **19 RE - APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODO Y TIEMPOS COMO HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO**

**CASTILLO, S.<sup>1</sup>; QUISPE, F.<sup>1</sup>; CABANILLAS, C.<sup>1</sup>; VILLANUEVA, B.<sup>1</sup>; MEJIAS, S.M.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería y Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta(C.I.U.N.S.A.). Universidad Nacional de Salta(U.N.S.A). Avda Bolivia 5150 - (4400) Capital, Salta. Argentina**

**E-mail: [se\\_castillo@yahoo.com](mailto:se_castillo@yahoo.com) [arfquispe@unsa.edu.ar](mailto:arfquispe@unsa.edu.ar) [cecicabanillas@gmail.com](mailto:cecicabanillas@gmail.com) [lacuentadebarbara@hotmail.com](mailto:lacuentadebarbara@hotmail.com)**

**2. Ministerio de Obras Públicas de la provincia de Salta. Gobierno de la provincia de Salta. Centro Cívico Gran Bourg - Av. Los Incas S/N- (4400) Capital, Salta.**

**Argentina**

**Mejías, Stella E-mail: [stellamarismejias@gmail.com](mailto:stellamarismejias@gmail.com)**

### **Resumen**

El presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación de (C.I.U.N.S.A) denominado *Importancia y empleo de cadenas de suministro en las organizaciones del medio* (I.E.C.S.O), y tiene como objetivo mostrar la importancia del estudio de los métodos y tiempos como una de las tantas herramientas complementarias para la enseñanza y empleo de la cadena de suministros tanto para la formación del ingeniero industrial como para las aplicaciones en organizaciones del medio. Objetivos: 1- Desarrollar la metodología del estudio de métodos y tiempos como herramienta complementaria en la enseñanza de las cadenas de suministro. 2- Identificar las operaciones, inspecciones, holguras y materiales, presentes en un proceso real y plasmarlos en una técnica de registro y análisis. Metodología: Se realizó una experiencia en el laboratorio de métodos y tiempos en la cátedra de Organización Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNSa como actividad inicial que permita simular las reacciones de parte de uno de los eslabones de la cadena de suministro que es la producción, y determinar a pequeña escala las variables y las condiciones claves que se deben tener en cuenta para el estudio de métodos y tiempos. Con dicha actividad se trabajó en el enfoque principal del análisis de la operación: proveedores, secuencia y procesos de manufactura. Se determinó el orden secuencial de las mismas con el objeto de lograr una alta productividad, equilibrar el tiempo y utilizar la mínima cantidad posible de trabajo en tiempo. Resultados: Los resultados de la actividad planteada permitieron al alumno aplicar los enfoques del análisis de la operación y desarrollar propuestas de mejora para la actividad que se realizó en equipos. Conclusiones: La importancia de esta práctica es la mejora de los procesos aplicables a diferentes organizaciones del medio. A partir de los resultados obtenidos se demuestra la importancia de realizar experiencias de simulación con la integración de diferentes asignaturas de forma tal de lograr que el alumno las integre de forma sistémica y no de forma aislada. El resultado del presente constituye una actividad inicial que permite desarrollar una metodología flexible con el objeto de replicarla en otros procesos más complejos.

## 20 RE - ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES MULTISERVICIO UTILIZANDO METAHEURÍSTICAS

CRUZ, I. P. ; CARNERO, M. ; HERNÁNDEZ, J. <sup>1</sup>

1. Grupo de Optimización, Facultad de Ingenieria UNRC, Campus Universitario,  
5800 Río Cuarto, Córdoba. Argentina

E-mail: {icruz, mcarnero, jlh}@[ing.unrc.edu.ar](mailto:ing.unrc.edu.ar)

### Resumen

La injerencia de las redes de datos en la industria ha crecido de manera muy importante en los últimos años. Los desarrollos pensados en el ámbito de las redes de comunicaciones han permitido diferentes aplicaciones e integraciones en los procesos industriales. Las tareas de control, monitoreo y automatización en el dominio industrial son directamente afectados por la eficiencia de los protocolos de comunicaciones implementados. La optimización del tráfico de las redes IP impacta positivamente sobre las tareas mencionadas.

Las nuevas tecnologías aplicadas a las redes de datos permiten el transporte de un volumen de información cada vez mayor. Esto trae aparejado, como consecuencia, nuevos requerimientos y desafíos para realizar dicho transporte de manera eficiente y teniendo en cuenta el tipo de tráfico involucrado. Existen aplicaciones que requieren, no solo un ancho de banda determinado, sino además que éste se mantenga garantizado durante todo el servicio. Estos requerimientos de Calidad de Servicio pueden hacer que los recursos de la red no estén utilizados de manera óptima, en términos de velocidad y ancho de banda. Además, los diferentes tipos de tráfico involucrados determinan modelos de tráfico alternativos que deben ser considerados. La tecnología de Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas (*Multiprotocol Label Switching, MPLS*) permite la existencia de nuevos servicios en redes IP y hace más efectivo el enrutamiento al admitir el trabajo con Calidad de Servicio.

Cada uno de los enlaces que conforman una red de comunicaciones tiene asociada una capacidad de transporte de la información. Por otra parte, como se mencionado anteriormente, la red está sujeta a solicitudes de transporte de tráfico con determinados requerimientos que conforman la demanda a dicha red. El problema, entonces, es minimizar el costo de ruteo respetando las restricciones de satisfacción de demanda y de capacidad de enlace.

Según el modelo de optimización determinado, el problema a resolver es uno de tipo combinatorio y en general de tipo NP-duro. Las dificultades para resolver esta clase de problemas ha llevado a la exploración de otras alternativas de búsqueda que sean capaz de producir buenas soluciones en un tiempo admisible. Entre ellas, se destacan los algoritmos evolutivos (AEs) que mantienen una población de soluciones potenciales y las someten, análogo al proceso de evolución natural, a operadores de cruzamiento y mutación generando una descendencia, para posteriormente realizar una selección entre padres y descendientes en función de la bondad de dicha solución. Repitiendo el proceso, se simula la evolución de la población hacia mejores soluciones para alcanzar, en algunos casos, incluso el óptimo global.

En este trabajo se propone realizar el Diseño Óptimo de una red MPLS a través de la utilización de técnicas de optimización de flujos para un tráfico multiservicio. Para ello se propondrá un modelo de tráfico, se estudiarán algunas técnicas de optimización discreta, y se resolverán instancias del problema por varios métodos para realizar una comparación y validación de las técnicas propuestas. Los resultados obtenidos se validarán con los encontrados en la literatura o calculados mediante métodos exactos cuando el tamaño de la instancia lo permita.

## **21 RE - USO DE HERRAMIENTAS DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TICs) EN LA DOCENCIA: CAZA DEL TESORO- ADITIVOS ALIMENTARIOS.**

**GONZÁLEZ, R.<sup>1,2</sup>; CAMARGO, A.<sup>1,2</sup>**

**1. Laboratorio de Cromatografía para Agroalimentos (IBAM – CONICET), Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Alte. Brown 500 (CP 5505). Chacras de Coria, Mendoza, Argentina. Email: [rgonzalez@fca.uncu.edu.ar](mailto:rgonzalez@fca.uncu.edu.ar)**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCuyo, Padre Jorge Contreras 1300 (CP 5500). Parque General San Martín, Mendoza, Argentina.**

### **Resumen**

Una “caza del tesoro” es una de las estructuras de actividad didáctica muy útil para aquellos docentes que utilizan internet en sus clases (Adell, 2003). En esencia, es una hoja de trabajo o una página web. Esta actividad es una estrategia que implica el aprendizaje a través de adquirir información sobre un tema determinado y practicar habilidades y procedimientos relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación en general y con el acceso a la información a través de internet en particular. March (1999) sugiere que escogiendo adecuadamente preguntas que definan las dimensiones fundamentales de un tema, los alumnos no sólo averiguan respuestas concretas, sino que profundizan en los aspectos esenciales del tema. Además del aprendizaje de hechos y conceptos, una caza del tesoro estimula la adquisición de destrezas sobre tecnología de la información y comunicación, conocimientos prácticos sobre internet, la web y la navegación por la información online (Luzón, 2001). El objetivo del presente trabajo fue aplicar una herramienta de tecnología de la información y la comunicación, una “caza del tesoro” como práctica didáctica para el abordaje de los aspectos fundamentales del tema Aditivos Alimentarios incluido en la asignatura Toxicología de los Alimentos. Para lo cual, una vez elegido el tema y los objetivos didácticos, se diseñó la hoja de trabajo correspondiente. Esta incluyó una introducción detallando las tareas a realizar y las instrucciones para llevar estas a cabo. Se listaron y enumeraron las preguntas y los recursos (títulos y URLs de las páginas a consultar para encontrar las respuestas a las preguntas o realizar las actividades) y finalmente se incluyó una pregunta final (“la gran pregunta”) cuya respuesta no se encontró directamente en ninguna página de la lista de recursos, sino que dependía de las respuestas a las preguntas anteriores y de lo aprendido en la búsqueda de información. Finalmente, se determinó como se evaluaría esta actividad en función de algunos indicadores de la calidad del proceso: grado de elaboración de las estrategias de búsqueda, originalidad, trabajo en equipo, manejo de la tecnología, etc. La actividad propuesta resultó de gran interés para los alumnos puesto que les permitió adquirir nuevos conceptos a través del manejo de internet. De este modo se logró la motivación de los alumnos respecto al estudio, entendimiento y aplicación de los conocimientos adquiridos respecto de Aditivos Alimentarios.



## 22 RE - AMINAS BIÓGENAS COMO TEMA INTEGRADOR EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PALAVECINO PRPICH, N.<sup>1</sup>; CAYRÉ, M.E.<sup>1</sup>; CASTRO, M.<sup>1,2</sup>

**1. Universidad Nacional del Chaco Austral. Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas. Cte Fernández 755 (3700). Pcia. Roque Sáenz Peña, Chaco.**

**E-mail: [mcastro@uncaus.edu.ar](mailto:mcastro@uncaus.edu.ar)**

**2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET.**

### Resumen

La integración horizontal es una estrategia curricular que permite la interconexión de contenidos de varias ciencias en un momento dado del proceso formativo. Esta estrategia favorece la concepción del conocimiento como un todo donde se integran elementos de diferentes áreas evitando la fragmentación de contenidos. Con el objetivo principal de promover la integración de conceptos de las asignaturas “Microbiología de Alimentos y Biotecnología” y “Bioquímica de Alimentos y Nutrición” -de 4° año de Ingeniería en Alimentos- se diseñó un trabajo práctico de laboratorio donde los alumnos evaluaron la capacidad productora de aminas biógenas (AB) de cepas aisladas de productos cárnicos. Asimismo, se generó un espacio abierto de discusión donde los docentes brindaron información general sobre el origen y las posibles implicancias toxicológicas de estos compuestos, además de su papel como indicadores y/o trazadores químicos de la calidad higiénica de los alimentos. Los alumnos participaron de este espacio mediante la lectura de artículos científicos relacionados que, presentados luego con sus propios comentarios, dieron lugar a la discusión del tema. Finalmente, se evaluó la actividad aminoácido-descarboxilasa de cepas bacterianas de grado alimenticio. Se procedió a determinar la producción de AB sobre tres aislados de *Staphylococcus* spp. pertenecientes a la colección de microorganismos del Laboratorio de Microbiología de la UNCAus. A fin de promover la inducción enzimática, los aislados se propagaron tres veces en caldo de cultivo TSB (tripcasa soja) suplementado con 0,1% (p/v) del aminoácido precursor (AAP) y 0,005% (p/v) de piridoxal-5-fosfato. Los AAP utilizados fueron: tirosina e histidina. El medio de cultivo utilizado fue propuesto por Bover-Cid y Holzapfel (1999). Las cepas se sembraron en forma de microgotas sobre placas con el medio descarboxilasa, con AAP y en ausencia del mismo (como control). Se incubaron las placas a 37° C, observándose al cabo de 24, 48 y 72 horas. La reacción se consideró positiva al observar una coloración púrpura cercana a la microgota sembrada (viraje del indicador de pH púrpura de bromocresol). La ejecución de las tareas mencionadas, junto con los resultados recogidos de la experiencia de laboratorio, permitieron integrar conceptos de: proteínas y aminoácidos en alimentos, actividad enzimática, productos metabólicos de los microorganismos en los alimentos, y propiedades de seguridad de cultivos microbianos para uso industrial, que forman parte de los contenidos mínimos de ambas asignaturas. Esta propuesta pedagógica resultó altamente enriquecedora tanto para los alumnos como para los docentes involucrados.

## **23 RE - ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA TENDIENTES A EVITAR LA DISOCIACIÓN ENTRE MATEMÁTICA Y LAS TECNOLÓGICAS**

**CISTAC, G. I.; BONGIANINO, R. H.**

**Facultad de Ingeniería, UNLPam - Universidad Nacional de La Pampa**

**E\_mail: [bongianino@ing.unlpam.edu.ar](mailto:bongianino@ing.unlpam.edu.ar); [cistacg@ing.unlpam.edu.ar](mailto:cistacg@ing.unlpam.edu.ar)**

### **Resumen**

En los últimos años en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam, se desarrollan actividades de enseñanza y de aprendizaje, tendientes a evitar la disociación existente entre conceptos matemáticos y su aplicación en asignaturas tecnológicas buscando: una interrelación vertical, integrando contenidos e incorporando conceptos de Control en los primeros años de la carrera. El proceso de aprendizaje se lleva a cabo en las clases de Análisis III, Electrotecnia y en un taller extracurricular planificado para tal fin. Algunas de estas actividades y sus enfoques metodológicos fueron compartidos en las ediciones 2009 y 2012 del Clicap, y en esta instancia presentamos los resultados globales alcanzados y una descripción de la metodología implementada.

La actividad se encuadra en el marco de un proyecto de investigación y plantea lograr una interacción entre asignaturas de ciencias básicas, tecnológicas básicas y aplicadas. En Análisis III (analizando puntualmente el tema de Transformadas de Laplace, que permite resolver ecuaciones diferenciales), en Electrotecnia, (analizando la ecuación diferencial en los circuitos eléctricos con elementos lineales, alimentados con tensión continua o alterna), y Teoría de Control I (que modela distintos sistemas físicos utilizando diagramas de flujo de modo de poder utilizar un software de simulación).

En Análisis se plantea un sistema mecánico de traslación, el que puede ser desarrollado con los conocimientos de los estudiantes, se modela la ecuación matemática, se resuelve la misma con Transformada de Laplace mostrando su potencialidad frente a otras herramientas, se utiliza un software de simulación que permitirá la interpretación y análisis de las soluciones, ya que la visualización de respuestas ayudan a internalizar mejor los resultados. En Electrotecnia se parte de un circuito eléctrico lineal, se modela la ecuación matemática, se la resuelve con Transformada de Laplace, al igual que en Análisis mostrando su potencialidad, y utilizando software adecuado para realizar la simulación. En el taller extracurricular con una metodología similar se analizan los sistemas mecánicos y los circuitos eléctricos lineales, buscando las respuestas temporales tanto de posición o de corriente, para internalizar las herramientas matemáticas, como los propios conceptos tecnológicos involucrados.

Las actividades se complementan con material multimedia disponible desde el Campus Virtual de la Facultad. Al finalizar cada una de las experiencias, se realizan encuestas, entrevistas, cuestionarios, se confeccionan diarios de campo para recabar datos, que luego de tabulados, procesados y analizados muestran indicadores que permiten llegar a conclusiones, y reformular las planificaciones para actividades futuras.

## **24 RE - PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA ELÉCTRICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA**

**CARRERI, R<sup>1</sup>; MARINO, L<sup>2</sup>; ALZUGARAY, G<sup>1</sup>.**

**1. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral y Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)- UTN Santa Fe**

**Lavaise 610-3000-Santa Fe-Argentina**

**E-mail: gloriaalzugaray@gmail.com**

**2. Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral; Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)- UTN Santa Fe**

### **Resumen**

En este trabajo se presentan actividades realizadas por alumnos universitarios en clases introductorias de la asignatura Física Eléctrica, en las que se abordaron aspectos tecnológicos y científicos que sostenían los estudiantes al analizar dispositivos tecnológicos de uso doméstico, comercial o industrial o partes de los mismos, tales como: partes de computadoras: fuentes, placa madre, parlantes, plaquetas; motores eléctricos; diferentes sensores; resistores, capacitores e inductores, etc. Las actividades fueron llevadas a cabo por grupos de alumnos en la asignatura Física Eléctrica acompañados por el docente a cargo de la misma. A los alumnos se les solicitó indagar sobre los diferentes dispositivos, considerando una diversidad de aspectos y cuestiones que van desde sus antecedentes, su producción, utilización y sus aplicaciones.

La metodología empleada en la propuesta rescata aspectos que caracterizan a una enseñanza centrada en la exploración e indagación, considerando a dichos procesos educativos mediados por materiales y dispositivos con el uso de la tecnología educativa.

Este trabajo pretende reflexionar sobre las relaciones y tensiones que se establecen en la enseñanza de la Física Eléctrica en carreras de Ingeniería, donde los estudiantes demandan visualizar aplicaciones de los contenidos a su futura práctica profesional. Esta propuesta se llevó a cabo con los alumnos que asistieron a un curso de Física de Eléctrica de segundo año para las carreras de Ingeniería: Mecánica, Industrial y Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Santa Fe.

## **25 RE - IMPACTO DEL USO DEL AULA VIRTUAL EN LA ASIGNATURA ELECTROTECNIA APLICADA**

**LARA, L. R.<sup>1</sup>; SAROME, Y.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca.  
Av. Belgrano 300 - (4700) San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.**

**Argentina**

**E-mail: reolara@educ.ar**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca.  
Av. Belgrano 300 - (4700) San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.**

**Argentina**

**E-mail: ynany\_sarome@hotmail.com**

### **Resumen**

El aprendizaje mixto o híbrido cumple un rol integrador y complementario a la clase presencial, incorporando recursos tecnológicos como también estrategias de enseñanza-aprendizaje más innovadoras; fortalecidas en la actualidad por las aplicaciones interactivas que promueve Internet. Con la aparición de Internet y los recursos disponibles en el aula virtual, es posible introducir diversas combinaciones de estrategias que facilitan, y a la vez, potencian la interacción tanto al acceso de la información como al diálogo entre los participantes del curso. Esta modalidad presenta ciertas características que la diferencia de la clase presencial tradicional y es una práctica poco explorada para los alumnos que cursan la carrera Tecnicatura en Informática en la FaCEN de la UNCa. Teniendo en cuenta este punto, desde la cátedra “Electrotecnia Aplicada” se implementó el uso del aula virtual como apoyo a la asignatura, combinando las clases presenciales con el empleo del aula virtual, teniendo como objetivo primordial poder experimentar diversas actividades y formas de participación en tiempo y espacio diferidos de acuerdo a los contenidos requeridos en el currículo de la asignatura. De esta manera, se pudo utilizar en el curso diversas herramientas de comunicación para tener disponibilidad a contenidos y actividades, como el acceso a material didáctico multimedia y la realización de actividades de autoevaluación a distancia promoviendo un entorno más favorable para el aprendizaje. En este trabajo de investigación exploratorio y descriptivo se pudo recabar información de la experiencia realizada, comprobar la vigencia del concepto nativos digitales en un contexto determinado, identificar aquellas herramientas que serían deseables incorporar para la temática abordada, detectar los recursos del aula virtual que más utilizaron los alumnos, el grado de adaptabilidad que tuvieron, su opinión acerca de la inclusión de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) en el aula y en forma particular, su experiencia de haber utilizado el aula virtual como un recurso complementario a la clase presencial. En este trabajo de campo, se vislumbra que el concepto de nativo digital es relativo y que el aula virtual favoreció en gran medida la comunicación entre el docente y los alumnos permitiendo un fluido intercambio de información y estableciéndose consultas sin tener que coincidir en el mismo espacio y tiempo.

## **26 RE - PROTOTIPO PARA RACIONALIZAR EL USO DE AGUA EN LABORATORIOS DE DOCENCIA**

**GONZÁLEZ, S. S.; BUFFA, F.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302 -  
(7600) Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina  
E-mail: [fbuffa@fi.mdp.edu.ar](mailto:fbuffa@fi.mdp.edu.ar)**

### **Resumen**

Los programas de uso racional del agua se vienen desarrollando en nuestro país desde hace mucho tiempo. Desde que el individuo toma contacto en la escuela se lo trata de educar como un consumidor responsable de este fluido vital. No resulta extraño entonces, que los ingresantes a la Universidad así formados, cuestionen el uso indiscriminado con el que se encuentran en muchos laboratorios de docencia.

Numerosas prácticas de los laboratorios de Química incluyen distintos tipos de destilaciones y filtraciones que hacen uso del agua en su funcionamiento. Se utiliza agua de red que atraviesa condensadores o trampas de agua de forma continua y luego se desecha. El consumo medido en nuestro caso fue de  $7 \text{ Lmin}^{-1}$  por destilador. Si se multiplica por las diferentes comisiones que trabajan en un turno y eso por todas las prácticas anuales que involucran procesos similares, el consumo obtenido obliga a tomar decisiones a fin de racionalizar su uso.

**Objetivos:** Construir un prototipo de recirculador de agua para uso en laboratorios que consumen grandes cantidades en sus prácticas habituales.

**Metodología:** Se diseñó un equipo de recirculación de agua de enfriamiento de condensadores, que constituye un circuito cerrado compuesto por un depósito de agua, una bomba centrífuga con válvula reguladora de caudal y un sistema de mangueras. Los condensadores se conectan en serie uno a continuación del otro, la entrada del primero va conectada a la descarga de la bomba que se alimenta del depósito. La salida del último vuelve al depósito de agua. Se regula el caudal con la válvula hasta alcanzar un estado estacionario con los equipos destilando y si es necesario se agrega hielo para evitar un incremento en la temperatura.

**Resultados:** El prototipo fue puesto a prueba en dos prácticas, ambas de síntesis orgánica: una que incluyó una destilación simple y otra que utilizó un calentamiento a reflujo. Cuatro comisiones que trabajaron en una misma mesada conectaron sus destiladores en serie. En el primer caso, destilaron durante 30 minutos un líquido de punto de ebullición  $50^\circ \text{C}$ . En estas condiciones no fue necesario refrigerar el agua del depósito. En el segundo calentaron durante una hora. En este caso fue necesario refrigerar el tanque con el agregado de 2 kg de hielo promediando el calentamiento.

**Conclusiones:** El prototipo diseñado resultó económico y apto para el uso en el laboratorio. Si bien fue utilizado con 4 equipos de destilación o reflujo en serie, consideramos que puede soportar dos más.

**27 RE - DIAGNOSTICO EN EL USO Y APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS  
DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACION EN LOS NIVELES PRE  
UNIVERSITARIO Y UNIVERSITARIO.**

**SINGH, J.; ARDUINO, A. A.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Avda. Italia esq., Martiarena  
- (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy. Argentina  
E-mail: [judith.singh@yahoo.com.ar](mailto:judith.singh@yahoo.com.ar)**

**Resumen**

En los últimos años las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han tomado importancia en la sociedad. En particular en el ámbito académico también ha llegado el uso y aplicación de las TIC. El avance de la industria electrónica en este mercado crece a pasos agigantados. Los jóvenes estudiantes tienen acceso a ellos de manera directa o a través de intermediarios. Los adultos también se adhieren a los mismos pero no con la velocidad al cambio en la actualización, que tienen ellos. El gobierno nacional argentino a través del plan Conectar Igualdad ha llevado netbooks a miles de estudiantes secundarios, profesores del nivel medio y pre-universitario y la respectiva capacitación para los mismos. Sin embargo el uso de Internet y la Informática no está limitado solo al contexto educativo. El siguiente trabajo propone una evaluación diagnostico del uso de: redes sociales, estudio, búsqueda de información, tipo de herramientas informáticas, acceso a aplicaciones ( simuladores, animaciones u otros). Se valoró también las horas en cada caso y los tipos de fuente de conexión que los jóvenes usan. La muestra se tomo de un grupo de alumnos Pre-universitarios del último año y alumnos de 2° año de la carrera de Ingeniería Industrial. Los resultados arrojan que hay una relación entre las TIC y el estudio, pero en ambos niveles se destaca la falta de compromiso y capacitación docente para el uso de las aplicaciones monitoreadas en el diagnostico. La incorporación de tecnología requiere una doble innovación, docentes que reciben nuevas tecnologías primero aprenden a usar el equipo y luego decidir si o no es compatible con los objetivos de clase y el plan de estudio vigente.

## 28 RE - SIMULACIÓN Y PROYECTO DE EXPERIENCIA EN EL LABORATORIO DE FÍSICA I.

GUTIÉRREZ, E. M.<sup>1</sup>; MENIKHEIM<sup>1</sup>, M.C.; LADAGA<sup>2</sup>, J.L.; SANCHO<sup>1</sup>, E.G.

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería UBA. Paseo Colón 850 CABA.

UTN- FRLP. Calle 60 y 124. Berisso. Provincia de Buenos Aires. Argentina.

Email: [esanchonick@gmail.com](mailto:esanchonick@gmail.com).

### Resumen

La idea de este trabajo es hacer evidente lo transversal de un simple modelo como el del oscilador con pérdidas, vinculando varios de ellos y mostrar la complejidad producida en una experiencia de laboratorio. En el laboratorio de físicas básicas se trabaja en más de uno, con el modelo de oscilador con pérdida. En esta experiencia, en particular, se trabaja sobre un modelo mecánico de masas y resortes, asentados sobre un carril recto. Cada resorte está empotrado a un anclaje y unido a sendas masas (similares masas, similar rigidez  $k$ ), es decir en cada caso se tiene un oscilador con disipación que luego serán vinculados mediante un tercer resorte de constante  $k_1$  distinta de  $k$ , con la posibilidad de variarla. Este sistema puede también ser interpretado de la siguiente manera 2 circuitos RLC con un transformador que vincula a ambos, en principio sin pérdidas, siendo las inductancias, el análogo de las masas y el resorte de constante  $k$  el núcleo del transformador de permeabilidad a determinar. Para esto último se construye un modelito estocástico con un valor medio de la permeabilidad y una dispersión de tipo lorentziana. Se intenta reproducir experimentalmente el modelo de simulación numérica con la puesta a punto de la experiencia antes mencionada, siendo el objetivo optimizar, en lo posible la potencia transferida (de una masa a la otra). Como resultado del mismo se logro formar un par de grupos de alumnos de física I y II, asistidos por técnicos y docentes con el objeto de construir este módulo transversal abierto al que se pueden incorporar alumnos cursantes, ex alumnos y docentes. Al analiza el problema y a nivel simplemente teórico se han dado cuenta que la semejanza de las ecuaciones planteadas difieren en la solución particular de cada una (condiciones de contorno vs condiciones iniciales). A fines del cuatrimestre planteamos la construcción del mismo y debido a la experiencia que tuvimos con los grupos antes mencionados intentamos resolver la fase experimental con los alumnos que cursen ambas materias en el 2015, teniendo garantizada la actividad de los antes mencionados. Lo experimental tendrá la palabra siguiente.

**Palabras claves:** Laboratorio, simulación, aprendizaje, estocástico, transversalidad.

## **29 RE - EXPERIENCIA DE MEJORA EN EL RENDIMIENTO ACADEMICO EN LA CATEDRA DE ANALISIS MATEMATICO II**

**ALMAZAN, J.; COPA, B.; DIP, S.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150 - (4400)  
Salta, Salta. Argentina  
E-mail: [beaemil@unsa.edu.ar](mailto:beaemil@unsa.edu.ar)**

### **Resumen**

En las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, Análisis Matemático II es una materia promocional, al igual que todas las asignaturas de las carreras de ingeniería. Para promocionar la asignatura, los alumnos deben alcanzar 70 puntos o más mediante una fórmula ponderada que contempla todas las actividades académicas realizadas durante el cursado. Cabe aclarar que en la fórmula mencionada, la nota de los parciales tiene mayor ponderación que los demás instrumentos de evaluación (60 %). Durante el 2do cuatrimestre de 2013 la cátedra realizó una experiencia piloto, dirigida a un grupo de siete alumnos que alcanzaron un puntaje próximo al exigido para la promoción. La metodología implementada consistió en una interacción docente-alumno en forma personalizada, que permitió la corrección de errores conceptuales y procedimentales, detectados en los distintos instrumentos de evaluación realizados. Los temas que se contemplaron en esas actividades correspondieron a los incluidos en el segundo parcial. Durante la experiencia, además de trabajar con los errores detectados, se afianzaron conceptos relevantes, y se culminó con una nueva evaluación del segundo parcial, destinado a los alumnos seleccionados para esta experiencia piloto. En el 1er cuatrimestre del año 2014, en base a los resultados obtenidos, se repitió la experiencia. En esta oportunidad, debido a una modificación del reglamento del funcionamiento de la cátedra, el grupo de 20 alumnos seleccionado contaba con características distintas a los de la primera experiencia. La metodología de trabajo utilizada en esta segunda ocasión fue similar, mejorada en función de la información recogida durante la primera vez que se puso en práctica esta actividad académica.

En el presente trabajo se describe en detalle la experiencia realizada y el impacto alcanzado en el rendimiento académico de los alumnos durante la misma. En base del análisis de la información cualitativa y cuantitativa recogida, se concluye que fueron actividades de mucha utilidad para los que participaron, obteniéndose un alto porcentaje de alumnos, que como consecuencia de las actividades realizadas pudieron mejorar su rendimiento académico, alcanzando la promoción de la asignatura, que era el principal objetivo planteado en la experiencia descrita.



## **30 RE - FABRICACIÓN PRÁCTICA DE QUESOS UNA EXPERIENCIA DE ARTICULACIÓN ENTRE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS Y LA ESCUELA AGROTECNICA.**

**CONSTENLA, D. <sup>1</sup>; PEZZUTTI, G. <sup>2</sup>**

**1-Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Sur. (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.**

**E-mail: [dconstenla@plapiqui.edu.ar](mailto:dconstenla@plapiqui.edu.ar)**

**2. Escuela de Agricultura y Ganadería. Universidad Nacional del Sur. Av. Cabrera 3.300.- (8000) Bahía Blanca. Argentina.**

### **Resumen**

La elaboración de quesos es una práctica con fundamento técnico y científico que se desarrolla en cuarto año de Ingeniería de Alimentos como parte de los contenidos de la cátedra de Laboratorio de Procesamiento de Alimentos y en sexto año de la Escuela de Agricultura en el marco del módulo didáctico-productivo de Industrias Agroalimentarias. La experiencia pedagógica consiste en realizar dicha práctica con la participación de los alumnos de ambas dependencias en el proceso de elaboración, control de calidad y seguimiento de los productos, con un informe final y la venta de los productos obtenidos. Las clases prácticas compartidas se llevan a cabo en la fábrica de lácteos de la escuela y las teóricas en los laboratorios de Ingeniería. El objeto es el desarrollo de capacidades relacionadas con el manejo de los equipos, técnicas de laboratorio, tecnología del proceso y control de calidad de los insumos y productos. Acercar los alumnos de la escuela agrotécnica a la Ingeniería de Alimentos, dando una posibilidad de orientación para sus estudios superiores y aprovechar los recursos materiales y humanos existentes. Desde la teoría de aprendizaje activo- reflexivo que lo sustenta, la formación basada en competencias pretende lograr la mayor articulación entre el proceso formativo y el desempeño futuro de los egresados desde un punto de vista personal, social, ético y profesional. Para ello, se seleccionan actividades en las que haya oportunidad y espacio para la práctica reflexiva individual y grupal, la fundamentación del hacer, la resolución de problemas, la transferencia y movilización de conocimientos y procedimientos. Se promueve la integración de la teoría y la práctica y el “aprender haciendo” como sustento para el logro de las competencias genéricas y específicas. La evaluación es parte integrante del proceso de desarrollo de competencias, constituyendo una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza. El estudiante es considerado un participante activo que comparte la responsabilidad en el proceso, se autoevalúa, reflexiona y lleva a cabo un diálogo continuo con el profesor. Los resultados muestran que esta metodología de enseñanza favorece el acercamiento de los alumnos de ingeniería al trabajo efectivo en planta y a los alumnos de la escuela técnica a la universidad. Se concluye que resulta posible lograr la articulación de la escuela media-universidad con una estrategia didáctica que facilita el aprendizaje a partir de la práctica y la posibilidad de compartir los saberes de los alumnos para el logro de las competencias requeridas en cada nivel.

## **31 RE - TRATAMIENTO DEL MOVIMIENTO DE ROTOTRASLACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO HACIENDO USO INTEGRADO DE TIC'S Y ELEMENTOS TRADICIONALES**

**PEREYRA, E.<sup>1</sup>; DEVECE, E.<sup>1</sup>; TORROBA, P.<sup>1</sup>; GALLEGO, J.<sup>1</sup>; VIDELA, F.<sup>12</sup>**

**1. IMApEC. Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. 115 y 49- (1900) La Plata. Argentina**

**E-mail: [patricia.torroba@gmail.com](mailto:patricia.torroba@gmail.com)**

**2. CIOp (CIC-CONICET) Camino Centenario y 508, Gonnet.**

### **Resumen**

En el marco de un proceso de revisión y renovación en la manera de abordar los contenidos de la asignatura Física I de las carreras de Ingeniería, se presenta una actividad vinculada con el movimiento de rototraslación de un cuerpo rígido. Se propone una tarea de articulación de actividades teórico-prácticas-experimentales que contempla metodologías y contenidos, para favorecer la adquisición de actitudes, aptitudes y competencias requeridas en la formación integral del futuro profesional de la ingeniería. La experiencia se desarrolla en el aula y consiste en liberar dos cuerpos desde la parte superior de un plano inclinado, (un cilindro y un aro, ambos tienen igual masa y radio). Previamente, a la realización de la práctica, se les pide a los alumnos que hagan una predicción sobre cuál de los dos cuerpos suponen que llega primero a la base del plano. Se trabaja en pequeños grupos de alumnos, generando la discusión entre pares y ejercitando habilidades como la observación, la elaboración de hipótesis y la adquisición de criterios para su validación. Se realiza la experiencia y se contrasta el resultado experimental con las predicciones realizadas. Los estudiantes deben justificar el resultado de la experiencia modelando correctamente el sistema físico y con el uso de las leyes de Newton. Como resultado del análisis obtienen las aceleraciones de los cuerpos y de qué variables dependen. Se incluye en el tratamiento una comparación entre el modelo de cuerpo rígido y el de partícula, desde el punto de vista teórico y experimental con el empleo de sensores de posición. La toma de datos en tiempo real favorece la validación que el análisis teórico predice sobre el comportamiento de un sistema. A continuación se utiliza un video de la experiencia realizada y con el uso del software Logger-Pro se obtiene una representación de la posición del cuerpo en función del tiempo. A partir de ésta, se obtiene la aceleración y puede ser contrastada en cada situación, permitiendo validar el modelo físico y reforzar los conceptos involucrados en el tema. En esta experiencia se busca incentivar al estudiante para que desarrolle competencias tales como: el trabajo colaborativo, la interpretación de gráficos, la identificación de las variables relevantes, el tratamiento de incertezas. El análisis de estas situaciones se completa con una reflexión sobre los límites de validez de las expresiones operativas utilizadas y la necesidad de expresar claramente las aproximaciones y suposiciones que se realizan en el momento en que los estudiantes resuelven problemas prácticos o de laboratorio. Las actividades formativas articuladas, se ven reflejadas en los resultados positivos de las evaluaciones de acreditación del curso y en las encuestas realizadas.

## **32 RE - PROGRAMA DE ORIENTACIÓN PEDAGÓGICA PARA INGENIEROS COMO DOCENTES UNIVERSITARIOS.**

**CANAVESIO, M.**

**Facultad Regional Santa Fe. Universidad Tecnológica Nacional. Lavaisse 610. Santa Fe. Santa Fe. Argentina.**

**e-mail: mcanaves@frsf.utn.edu.ar**

### **Resumen**

El actual escenario sociocultural, político y económico ha promovido cambios organizacionales en las universidades e importantes desafíos en la revisión crítica del ejercicio de la docencia universitaria. Actualmente, el docente universitario se involucra en funciones de *docencia*, *investigación/transferencia* y *gestión*, derivando un mayor compromiso institucional y social, avanzando en lo que se define como la *era de la profesionalización de la docencia universitaria*.

En este escenario, es necesaria una reflexión formal en relación a los conocimientos y habilidades propias de la profesión docente para mejorar su calidad y adecuarla a las necesidades de la sociedad. La *docencia* es un desarrollo organizado, intencional y sistemático que orienta los procesos de enseñanza-aprendizaje, exigiendo en el profesor el dominio de su disciplina, así como el conocimiento de las estrategias, técnicas y recursos psico-pedagógicos que promuevan la interacción didáctica y los aprendizajes significativos en los alumnos. Los actuales docentes son profesionales con diferentes perfiles, convertido en profesores universitarios, que indiscutiblemente tienen conocimientos en las áreas de los saberes, disciplinario y profesional, pero en general adolecen de criterios y estrategias para enseñar lo que saben. Por ello, es necesaria la formación del docente en aquellos contenidos relacionados con la preparación pedagógica.

Frente a esta debilidad, se propone llevar a cabo un programa voluntario y sistematizado de cursos, seminarios y talleres a través del cual los docentes adquieran competencias en didáctica, teorías y métodos pedagógicos para diseñar y aplicar estrategias tendientes a que el alumno logre aprender los contenidos disciplinares. La puesta en marcha del programa tiene como principal objetivo mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos educativos contribuyendo así a incrementar la calidad de la educación superior.

Una primera experiencia la lleva a cabo la dirección pedagógica de la facultad, con el dictado de cursos de postgrado en pedagogía y didáctica para docentes y tutores. El mismo ha demostrado que esta formación es fundamental para aquellos docentes que no provienen de las ciencias de la educación, permitiéndoles: dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina que desarrollan, investigar el proceso para su perfeccionamiento, incrementar su autonomía y controlar su propio trabajo. El programa no se presenta como una carrera de especialización docente, pero tiende a organizar el proceso de formación pedagógica de los docentes universitarios, orientándolos al logro de los objetivos y expectativas de la sociedad actual. Esta formación, al igual que su formación disciplinar, constituye un proceso de capacitación y evaluación continua.

### **33 RE - LA TABLA PERIÓDICA COMO REPRESENTACIÓN PARA SU COMPRENSIÓN Y ENSEÑANZA**

**TUDELA, G.<sup>1</sup>, VERGNE, C.<sup>1,2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza (5600). Argentina**

**2. I.E.S. 9-011 “del Atuel. DES, DGE. Maza 750 – (5600) San Rafael, Mendoza.  
Argentina.**

**E-mail: [gabrielaetudela@gmail.com](mailto:gabrielaetudela@gmail.com)**

#### **Resumen**

**Introducción:** Para la ciencia química, la tabla periódica constituye su síntesis. A partir de ella se puede comprender la esencia de la materia y sus cambios. Pero el hecho que desde sus primeras elaboraciones hasta el día de hoy existan más de setecientas representaciones, y que hay propuestas alternativas de organización, indica que aún hay problemas que discutir. Su desarrollo histórico ha dependido del desarrollo de la ciencia química y de la física. La actual filosofía de la ciencia, propone la noción de modelo científico como representaciones teóricas externalizadas y consensuadas del mundo. Ésta noción permite aceptar una pluralidad de representaciones que dan cuenta de la misma realidad para su mejor cognición. Éste trabajo analiza algunas representaciones históricas de tablas periódicas desde la óptica de la noción de modelo científico. A su vez, los modelos didácticos son modelos análogos a los científicos, que facilita su cognición y enseñanza.

**Objetivos:** interpretar algunas representaciones de la tabla periódica como modelos científicos y didácticos

**Metodología:** Se desarrollará a través de la lectura, comprensión y análisis de la bibliografía especializada sobre el tema.

**Resultados:** cuando se habla de modelos de tabla periódica de elementos, lo entendemos en tres sentidos: (i) distintas propuestas históricas de organización de los elementos que resultaron inadecuadas previas a Mendeleiev, (ii) distintas formas de representar la tabla de elementos científicamente satisfactoria a partir de Mendeleiev hasta el presente, (iii) los modelos pedagógicos de la tabla periódica, cuya científicidad hay que analizar.

**Conclusiones:** La enseñanza de la tabla periódica a través de modelos didácticos, tomando en cuenta los modelos científicos, mejora el conocimiento y desarrollo de la química, y especialmente de la tabla periódica. La noción de modelo científico desarrollada por las actuales concepciones epistemológicas, favorecen la comprensión de la ciencia en todos los aspectos de su complejidad, ya que incorpora elementos lingüísticos, icónicos, teóricos, empíricos, históricos, sociales y pragmáticos.

## **34 RE - PROBLEMAS DE FÍSICA VINCULADOS A LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS, CIVIL Y QUÍMICA**

**RAMINI, G.; BRESSAN NARVAEZ, N.; PÉREZ SOTTILE, R.; CONCARI, S. B.**

**Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. Rosario, Argentina. E.  
Zeballos 1341 - (2000) Rosario. Argentina  
E-mail: [giu\\_ramini@hotmail.com](mailto:giu_ramini@hotmail.com)**

### **Resumen**

En el área de la enseñanza de la ingeniería hay un acuerdo generalizado sobre la resolución de problemas (RP) como una actividad valiosa para producir aprendizajes significativos y promover el desarrollo de distintas capacidades. La RP ocupa, junto con el modelado y la experimentación, un lugar relevante en la formación como estrategia de enseñanza, actividad de aprendizaje, e instrumento de evaluación.

Por otra parte, la enseñanza superior fragmentada en disciplinas enmarcadas en cátedras está siendo criticada, aduciendo que ésta pretende el dominio de contenidos de diversas disciplinas y no el uso de los conocimientos en relación con temas de la vida real, ni la integración de conocimientos que es necesaria para situaciones prácticas profesionales. La tendencia es hacia un currículo integrado, existiendo algunas experiencias exitosas en Argentina y en otros países, muestra de lo cual es la incorporación en la organización curricular de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), de la disciplina integradora. La integración curricular consiste en organizar temas que se desprenden de experiencias, de intereses personales y globales y de la vida cotidiana y/o profesional.

En este contexto, y desde la actual organización por cátedras, desde la enseñanza de la Física, se asume la hipótesis que la enunciación de problemas de Física que expliciten situaciones que remiten a la práctica profesional de las distintas especialidades de la ingeniería, contribuirá a facilitar la integración de conocimientos, a desarrollar competencias necesarias para el futuro accionar profesional y a construir conocimientos disciplinares relevantes, a través de un aprendizaje significativo.

Se propone contribuir a la formación del estudiante de Ingeniería, con la incorporación de la resolución de problemas de Física como recurso para la enseñanza de los contenidos disciplinares, a través de situaciones vinculadas con el desempeño futuro de los profesionales de la Ingeniería. Esto exige integrar los conocimientos y procedimientos de la Física, en aplicaciones específicas de las diversas especialidades de la Ingeniería.

Se presentan en este trabajo, algunos problemas diseñados con esta perspectiva, orientados a la enseñanza de la Ingeniería en Sistemas, de la Ingeniería Civil y de la Ingeniería Química. Los mismos constituyen los resultados preliminares del proyecto de investigación: “Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería”, en ejecución en la UTN.

## **35 RE - LAS TIC INCORPORADAS A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA: UNA PROPUESTA INNOVADORA PARA EL CURSADO ALTERNATIVO EN UN CUATRIMESTRE PASIVO**

**SCHAPSCHUK, P<sup>1</sup>; MANSILLA, C<sup>1</sup>; CÁMARA, C<sup>1,2</sup>; GIORGI, S<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral - Kreder 2805 - (3080HOF) Esperanza. Santa Fe. Argentina.**

**E-mail: [patriciaschapschuk@gmail.com](mailto:patriciaschapschuk@gmail.com)**

**<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral - Santiago del Estero 2829 - (S3000AOM) Santa Fe. Argentina.**

### **Resumen**

A partir de junio de 2014, se está desarrollando en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), el Proyecto de Investigación CAI+D 2011- UNL: “Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación integradas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Física en carreras de Ingeniería”. En base a los objetivos planteados, nos proponemos por un lado, realizar un relevamiento de recursos disponibles como simulaciones, software para el tratamiento de datos a partir de videos, laboratorios remotos y plataformas, y por otro, diseñar, aplicar y evaluar estrategias didácticas que incorporen nuevas tecnologías, fomentando el trabajo grupal y aprendizaje colaborativo, en el marco de una visión constructivista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

La incorporación de las TIC en la enseñanza de la Física en carreras de Ingeniería puede constituirse en una herramienta motivadora para estudiantes y docentes, generando instancias alternativas de enseñanza y de aprendizaje que fomenten el trabajo colaborativo. Esta incorporación debe ir acompañada de un análisis crítico de los recursos empleados para una correcta selección de los mismos en un marco pedagógico adecuado.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNL, se dicta la carrera de Ingeniería Agronómica, siendo Física una asignatura del ciclo básico, que se cursa solamente el 1º cuatrimestre del 2º año de la carrera.

Dado que en el primer cuatrimestre de 2014 regularizó la asignatura Física sólo el 50 % de los alumnos, en el marco del Proyecto de Investigación, se ofreció un cursado alternativo durante el 2º cuatrimestre, utilizando el Entorno Virtual de la UNL basado en la plataforma MOODLE, para alumnos libres que aprobaron los Trabajos Prácticos de la asignatura.

Se presentan en este trabajo los resultados obtenidos a partir del relevamiento de los recursos disponibles en la plataforma MOODLE y de la aplicación de estrategias didácticas diseñadas en base a los recursos elegidos.

Esta propuesta innovadora, en este contexto, consistió en la realización de actividades y evaluaciones para regularizar la asignatura, usando la potencialidad que brinda el "Entorno Virtual Complementario para la Enseñanza Presencial" de la UNL, complementándose con clases presenciales obligatorias de resolución de problemas.

Con esta nueva metodología de cursado, implementada en un cuatrimestre pasivo, se observó que la integración de estos recursos generó una buena predisposición de los estudiantes y se lograron buenos resultados en cuanto a porcentajes de alumnos que lograron la regularidad de la asignatura.

## **36 RE - MINERALES ARCILLOSOS COMO SOPORTES PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUA: ADSORCIÓN DE COLORANTES**

**BARBAGELATA R.; ZÁRATE M.; BASCHINI M.**

<sup>1</sup>**Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas, PROBIEN (CONICET-UNCo) y Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.**

<sup>2</sup>**Escuelas de Enseñanza Media. Provincia de Río Negro, Argentina.**

**\*Email: [raul.barbagelata@fain.uncoma.edu.ar](mailto:raul.barbagelata@fain.uncoma.edu.ar)**

### **Resumen**

Existe actualmente un enorme desafío en cuanto al abordaje de la problemática del agua asociados a los cuerpos de agua naturales y su contaminación como consecuencia de la emisión accidental (derrames) o deliberada (efluentes domiciliarios e industriales). La región del Alto Valle de Río Negro-Neuquén posee yacimientos de bentonita, minerales naturales con excelentes propiedades adsorbentes. Es en este contexto que se propone el desarrollo de una actividad áulica en las que los alumnos puedan, a través de la utilización de estos minerales, resolver una situación problemática como la contaminación del agua producida por colorantes.

Los estudiantes utilizaron sitios de referencia en la web para obtener información sobre las características físico químicas del agua y de los colorantes. Además se les proporcionó información sobre principios y fundamentos del proceso adsorción-absorción, tema central del debate y como posible solución al problema planteado. Durante la actividad desarrollada por los alumnos en el laboratorio, se prepararon disoluciones de concentración conocida de colorante y sistemas materiales obtenidos a partir del mezclado de distintas cantidades de bentonita y arena. Posteriormente mediante el armado de simples dispositivos de laboratorio se evaluó la capacidad de adsorción de los distintos sistemas preparados.

**Palabras claves:** Contaminación, bentonitas, colorantes, mezcla, agua.

## **37 RE - EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN REPOSITORIO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE EN LA UTN - FRRE**

**CERNADAS, M.; ESCOBAR, F.; SALINAS, D.**

**Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. French 414 - (3500) Resistencia, Chaco. Argentina**

**E-mail: [ma\\_cernadas@hotmail.com](mailto:ma_cernadas@hotmail.com), [francomat77@gmail.com](mailto:francomat77@gmail.com), [dianalorenasg@gmail.com](mailto:dianalorenasg@gmail.com)**

### **Resumen**

La evolución en las comunidades que soportan plataformas educativas de código abierto sucede más rápido de lo que las instituciones pueden asimilar.

La UTN-FRRe y particularmente el Grupo de Investigación en Educación (GIE) están inmersos en éste escenario. El proyecto es ambicioso, implementar Moodle 2.7 como plataforma virtual que apoye los procesos educativos (en reemplazo de Moodle 2.2) y el Repositorio de Objetos de Aprendizaje (ROA) DSpace 4.2 que funcione como Repositorio Institucional, logrando una comunicación entre ellos.

El presente trabajo pretende lograr la implementación de un ROA Institucional que utilice tecnologías libres, estándares de metadatos y comunicación, cumpliendo con un nivel de accesibilidad AA según la WCAG 2.0. Para ello, se ha seleccionado la plataforma DSpace, en su versión 4.2. Se desea evaluar si la implementación es exitosa operacionalmente y en qué medida mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje y el impacto académico en la institución.

Esta tarea implica trabajo en dos aspectos: Técnico y Operacional.

En el primero, la gran variedad versiones de herramientas a utilizar en el despliegue de la plataforma hacen que encontrar un guía a seguir para la instalación exitosa sea una labor que requiere de esfuerzo, tiempo y capacitación.

En cuanto a lo operacional es mucho más complejo. La utilización del ROA dependerá en gran medida del apoyo de la comunidad universitaria, en particular los docentes que deben ser los principales promotores en la utilización de la plataforma. Los beneficios deben ser claros y visibles para que no queden dudas de que su utilización mejora el proceso educativo en la institución. El trabajo que implique la utilización de la plataforma, las políticas que se adopten y los resultados observables tanto a corto como a largo plazo son claves en este sentido.

Por lo tanto, es fundamental contar con indicadores que permitan conocer la penetración de la plataforma en los procesos educativos, su implicancia, ventajas y desventajas. La percepción de los docentes cuantificada a través de estos valores puede dar pauta de los cursos de acción para lograr la mejora continua en el desempeño académico y una disminución en la deserción.



**38 RE - IMPLEMENTACION DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO:  
LIXIVIACION DE BICARBONATO DE POTASIO MEDIANTE EXTRACCION  
BATCH EN LAZO ABIERTO**

**MIRÓ, S. M.<sup>1</sup>; HINTERMEYER, B. H.<sup>1</sup>; PRAMPARO, M. C.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis. Ruta 148 Ext. Norte - (5730) Villa Mercedes, San Luis. Argentina**

**E-mail: [smiro@fices.unsl.edu.ar](mailto:smiro@fices.unsl.edu.ar)**

**2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36 KM 601 – (5800) Río Cuarto, Córdoba. Argentina**

**Resumen**

Se implementó la práctica de laboratorio de extracción sólido líquido para alumnos de la asignatura Operaciones Unitarias III de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis con la finalidad de integrar los conocimientos teóricos de la operación y de los fundamentos de la transferencia de materia con las variables de operación de un equipo de extracción.

La extracción sólido líquido es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido. La industria utiliza ampliamente esta operación de transferencia de materia para la obtención de minerales, productos orgánicos naturales, etc., mediante diferentes configuraciones de flujo de las materias primas. En el presente trabajo se estudia la influencia de la temperatura y velocidad de flujo del disolvente sobre la concentración del soluto en la solución producto, en la operación de extracción sólido líquido del bicarbonato de potasio mediante una configuración batch en lazo abierto. En este tipo de configuración la concentración del soluto en el sólido disminuye mientras que la concentración en la solución producto aumenta a medida que transcurre el tiempo de operación. La operación a temperaturas elevadas produce una mayor solubilidad del soluto en el solvente y en consecuencia concentraciones mayores en el producto, además disminuye la viscosidad del líquido y aumenta la difusividad lo que incrementa la velocidad de extracción. La operación a mayores velocidades de alimentación del solvente produce una mayor velocidad de extracción ya que de esta manera aumenta el coeficiente de transferencia de materia.

Para realizar la extracción del bicarbonato de potasio adsorbido en un material de soporte mediante su contacto con agua los alumnos utilizaron la unidad de extracción sólido líquido OUPMkII en configuración batch. Realizaron experiencias con diferentes temperaturas y diferentes velocidades de alimentación del solvente e informaron los resultados y conclusiones.

## **39 RE - INTEGRACION DE CONOCIMIENTO EN SISTEMAS DE REPRESENTACION GRAFICA. APLICACIÓN AL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA PLANTA LACTEA**

**LARCHER, G.<sup>1</sup>; PECE, N.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avenida Belgrano Sur 1912 – (4200) Santiago del Estero, Argentina.**

**E-mail: [guidolar@unse.edu.ar](mailto:guidolar@unse.edu.ar); [norapece@unse.edu.ar](mailto:norapece@unse.edu.ar)**

### **Resumen**

Enseñar a representar en el plano una industria productora de alimentos es un trabajo inmenso que integra una multiplicidad de sistemas dependientes de varias disciplinas tales como ingeniería mecánica, eléctrica, civil, diseño de tuberías, instrumentación y control de procesos, etc., cada una de las cuales ejecuta funciones que se relacionan entre sí.

Lograr una metodología de trabajo que englobe a todos los sistemas actuantes es el objetivo que se persigue, buscando dotar, al estudiante de la carrera de Ingeniería en Alimentos, de competencias para desarrollar proyectos de procesos productivos. Se concibe el aprendizaje como un proceso de construcción por parte de quien aprende, y la enseñanza se diseña para apoyar y nutrir ese proceso.

El trabajo implica una renovación de las metodologías de la enseñanza que se imparte en la asignatura Sistemas de Representación Gráfica, produciendo un cambio en la didáctica hacia una enseñanza que se centre en el alumno como un ser autónomo. La experiencia se realizó con los alumnos de la asignatura Sistemas de Representación Gráfica de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias (Universidad Nacional de Santiago del Estero). La materia es anual y los alumnos pertenecen a la carrera de Ingeniería en Alimentos.

Para ello se diseñó la secuencia del conjunto de actividades y tareas a cumplir durante el dictado, orientando el aprendizaje hacia la construcción del conocimiento teórico y práctico sobre temas específicos del campo de su ingeniería. Como modelo de exposición se consideró una industria láctea, ya que ésta presenta diversificación en la producción y permite considerar a cada sector productivo como una industria en sí misma. Se plantearon en el dictado de la asignatura cuatro actividades directamente vinculadas al logro del objetivo: croquizado, dibujo a escala, desarrollo de diagramas de procesos y construcción de planos. Esta última actividad se complementó con una visita a fábrica que permitió conocer situaciones reales y la modelización, a fin de construir, monitorear y perfeccionar un esquema de aprendizaje que capture, interprete y represente la compleja estructura de variables que intervienen. Para evaluar la experiencia se analizaron las presentaciones de diagramas y planos requeridos a los estudiantes.

Al finalizar el cursado, el 68% de los alumnos lograron representar el proceso productivo de la industria láctea en la primera entrega. La aplicación del método propuesto para la enseñanza de Sistemas de Representación Gráfica constituye una herramienta interesante para el logro de competencias propuesto.

## **40 RE - WIKI COMO RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA**

**GUTIÉRREZ, S.E.; SAGULA, A.R.; GÓMEZ, R.**

**Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (8000). Bs. As. Argentina.**

**E-mail: [sgutie@criba.edu.ar](mailto:sgutie@criba.edu.ar)**

### **Resumen**

La wiki es un recurso tecnológico que en la docencia permite potenciar el trabajo colaborativo favoreciendo la formación general de los alumnos y un medio para integrar la evaluación en el proceso de aprendizaje. Esta herramienta se hizo popular con la aparición de Wikipedia, una de las obras más extensa y notorias de Internet.

Desde 2005, en el marco del Proyecto de Investigación “Investigaciones sobre programas CAD y TIC. Implementación en la enseñanza de la expresión gráfica en la Ingeniería”, venimos realizando experiencias didácticas con nuevas tecnologías. Hemos experimentado con diversos recursos alojados en un aula virtual: videos, tutoriales, módulos de aprendizaje, apuntes y test.

En este trabajo describimos la planificación de actividades con la adición de una wiki en el aula virtual, previendo la realización de una futura experiencia didáctica. La temática que abordamos es la Representación de Roscas, correspondiente a la asignatura Diseño Mecánico Asistido del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur (UNS).

En la propuesta contemplamos dos etapas: el diseño de la wiki referida a Roscas y la planificación de la estrategia didáctica. En cuanto al diseño, elaboramos una página de inicio con una estructura de enlaces para que sirva de guía a los alumnos, creamos un foro anexo y elaboramos instructivos relativos a su uso y a las actividades a efectuar. En la planificación didáctica, consideramos la diagramación cronológica de las clases virtuales y presenciales y la organización de los alumnos por grupos de trabajo.

En las anteriores experiencias comprobamos que el modelo de enseñanza-aprendizaje tradicional se modificó con la intervención de nuevas tecnologías. Estas no sólo fueron consideradas en su aspecto meramente tecnológico, sino como un componente que se agregó a la gestión de conocimiento, combinando en forma innovadora elementos pedagógicos, tecnológicos y organizativos. En nuestra labor como docentes se produjo un cambio en nuevas tareas de generación de materiales didácticos. Comprobamos, por medio del análisis de encuestas a alumnos, que se cumplieran los principios que guiaron nuestra metodología de enseñanza: lograr un proceso de aprendizaje autónomo, estimular el debate de ideas y desarrollar habilidades en el uso de las TIC.

Con el empleo del recurso wiki tenemos como objetivo el logro de habilidades que vayan más allá de los conocimientos específicos de una asignatura, apuntando a que los futuros ingenieros se comprometan más activamente en su proceso de aprendizaje.

## **41 RE - ACREDITACIÓN DE CARRERAS DE POSGRADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO: EXPERIENCIAS LUEGO DE MAS DE UNA DECADA**

**CHAMORRO, M. A.<sup>1</sup>; SOLOMITA BANFI, F. R.<sup>1</sup>; SCOTTA, V.<sup>1</sup>; MARCHISIO, S. T.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Av. Pellegrini 250 - (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina**

**E-mail: [acrepos@fceia.unr.edu.ar](mailto:acrepos@fceia.unr.edu.ar); [decarpos@fceia.unr.edu.ar](mailto:decarpos@fceia.unr.edu.ar); [scotta@fceia.unr.edu.ar](mailto:scotta@fceia.unr.edu.ar); [smarch@fceia.unr.edu.ar](mailto:smarch@fceia.unr.edu.ar)**

### **Resumen**

El profundo impacto de la ciencia y la tecnología en los sistemas productivos, en los procesos de regionalización y globalización y más ampliamente en la sociedad, ha ido generando en todos los países, la puesta en crisis de la educación superior, traduciéndose en reformas educativas y en procesos de evaluación y acreditación de las enseñanzas universitarias. A fines de los 90, estos cambios que venían gestándose alentados por la exigencia de eficiencia a nivel del sistema universitario argentino, estuvieron acompañados por una tendencia creciente en la oferta y demanda de carreras de posgrado.

En coherencia con esos procesos de cambio de la institución universitaria y buscando dar respuestas válidas a las necesidades de formación y educación continua de propios egresados, de profesionales vinculados a las Ciencias y las Ingenierías provenientes del medio productivo, de organismos públicos y de la comunidad en general, la Escuela de Posgrado y Educación Continua (EPEC) de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario inicia, a comienzos del siglo XXI, una etapa de gran crecimiento en la oferta de cursos, trayectos curriculares de pre y posgrado, y carreras de posgrado. Esto implicó también, una necesaria transformación organizacional, a los efectos de acompañar el incremento de las carreras que pasaron de ocho, ofrecidas en el año 2003, a veintitrés en la actualidad.

Por entonces, la creación de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) y la obligatoriedad de someter a los posgrados a procesos de acreditación, forzaron la creación de un Área en la propia EPEC destinada a acompañar institucionalmente la acreditación de los posgrados. La misma debe además contribuir a la autoevaluación de las carreras con objetivos de mejora, a los fines de responder al imperativo de interpretar y transformar la sociedad de la que se nutre, innovando, construyendo y difundiendo conocimientos de interés general

En este trabajo se expone y sistematiza la información referente a los procesos de acreditación de carreras de posgrado que históricamente se desarrollan en la institución desde 1995. Se ha utilizado un abordaje cuanti-cualitativo, donde además del análisis de los datos estadísticos, se han observado y evaluado los cambios en el contexto normativo e histórico de modo de hacer visible el cambio en los procesos y perspectivas asumidas. El análisis de esos procesos orienta además la exposición de nuevas reflexiones críticas sobre el trabajo realizado y a futuro. Este estudio posibilita la implementación de estrategias de gestión propia, inherentes a la Facultad, para la búsqueda, obtención y procesamiento de la información necesaria para cada etapa de acreditación, en función del contexto histórico y social que las enmarca.

## **42 RE - METODOLOGIA PARA GENERAR INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**VIANCO, A. M.<sup>1</sup>;SEILER, R. A.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Económicas. 2. Facultad de Agronomía y Veterinaria.  
Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36 Km 601 - (5800) Río Cuarto, Córdoba.  
Argentina  
E-mail: [anavianco@yahoo.com.ar](mailto:anavianco@yahoo.com.ar) - [rseiler@ayv.unrc.edu.ar](mailto:rseiler@ayv.unrc.edu.ar) -**

### **Resumen**

Convocados por la ANPCyT y el CIN, treinta y dos investigadores de siete UUNN de cinco provincias de la Región Centro Oeste de Argentina, proyectaron establecer marcos operativos para evaluar la sustentabilidad de sistemas productivos. Entre mediados de 2012 y fines de 2013, se sucedieron talleres regionales y locales que dieron por resultado un libro. Esta obra presenta un análisis integrado de la sustentabilidad, basado en la interacción simultánea de cuatro dimensiones: ecológica, económica, social e institucional. Las sinergias y compensaciones creadas al interior de un sistema, son consecuencia de la multiplicidad de retroalimentaciones entre sus distintos componentes; por ello, cualquier acción en una de las dimensiones deberá considerar los resultados que tendrá en el conjunto del sistema. A partir de ese enfoque, el trabajo organiza una Matriz de Sustentabilidad que muestra las relaciones entre las demandas agregadas y los aportes al bienestar humano, permitiendo valorar la situación del sistema productivo en términos de sustentabilidad. Así, bajo los criterios de Preservación, Eficiencia, Equidad y Capacidad de Manejo, cada dimensión enfrenta demandas de Servicios Ecosistémicos, Recursos Económicos, Participación Social y Manejo Adaptativo para contribuir al Bienestar Humano con: (a) Ambiente Saludable y Productivo, (b) Progreso Económico, (c) Prosperidad y Oportunidades Sociales Equitativas, (d) Gobernanza Participativa. Las demandas agregadas y las contribuciones al bienestar humano permiten valorar la Sustentabilidad del Sistema Productivo, su referencia a un valor potencial indica el grado de sustentabilidad del espacio temporal bajo estudio. El análisis incorpora flexibilidad conceptual para permitir su aplicación a cualquier sistema productivo. La propuesta está destinada al ámbito científico y a un amplio espectro de áreas del conocimiento; a técnicos relacionados con los sectores de decisión siendo material de referencia en el desarrollo de foros de discusión u otros estudios sobre análisis de problemas complejos ligados a la sustentabilidad, constituyendo una herramienta de manejo y de análisis para la generación de políticas, consecuentes con la búsqueda de la sustentabilidad. La complejidad del tema contó con la disposición, dedicación, esfuerzo, apertura de pensamiento y respeto de las individualidades participantes, que primaron para el abordaje de una problemática de esta naturaleza generando propuestas de consenso sobre la misma. Se destaca además la creación de una “capacidad institucional”, representada por un grupo científico transdisciplinar con capacidad de abordar problemas orientados y complejos, bajo un enfoque integrado y con soluciones científicas.

## **43 RE - INTEGRACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE: EXPERIENCIAS, PROBLEMAS Y SIMULACIONES DE FÍSICA**

**GIACOSA, N. S.<sup>1</sup>; LUCERO, I.<sup>2</sup>; GIORGI, S. M.<sup>3</sup>; CÁMARA, C.<sup>3,4</sup>; CATALÁN, L. C.<sup>5</sup>; CONCARI, S. B.<sup>6</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina.**

**E-mail: [norahgiacosa@gmail.com](mailto:norahgiacosa@gmail.com)**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Av. Libertad 5460 - (3400) Corrientes. Argentina.**

**3. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 - (3000) Santa Fe. Argentina.**

**4. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805 – (3080) Santa Fe. Argentina.**

**5. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375 – (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

**6. Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. E. Zeballos 1341 (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina.**

### **Resumen**

Según especialistas, en Argentina se necesita duplicar la cantidad de graduados de carreras científico-tecnológicas. El mercado laboral local demanda profesionales que puedan insertarse en el campo de las ingenierías, las ciencias exactas y las nuevas tecnologías. Pese a esta realidad, las vocaciones científicas disminuyen cada año, y los programas diseñados para acompañar y retener a los estudiantes universitarios no logran cabalmente sus cometidos. Desde la Didáctica de la Física, se ha señalado la conveniencia de complementar cuestiones teóricas con actividades prácticas clásicas tales como experiencias de laboratorio y resolución de problemas de lápiz y papel. Paralelamente, muchos recursos tecnológicos mostraron ser un medio apropiado para desarrollar algunas de las competencias que le serán requeridas al futuro profesional para desenvolverse solventemente en su medio. No obstante, son escasos los materiales didácticos que muestran ejemplos concretos de cómo hacerlo. En este panorama, en el marco de la consolidación de una red colaborativa de docentes-investigadores, se presentan algunos resultados derivados del empleo de actividades potencialmente útiles que integran estrategias didácticas clásicas con recursos tecnológicos de acceso libre. El objetivo general del presente trabajo es mostrar diferentes instancias de integración de recursos tecnológicos en la enseñanza de la Física en los primeros años de carreras de ingeniería llevadas a cabo en universidades públicas de Argentina. Se describen los recursos, las estrategias didácticas y los resultados obtenidos. Mediante una metodología descriptiva-cualitativa fue posible reconstruir algunas prácticas educativas que mostraron facilitar la construcción de conocimientos científicos. En ellas se describen: dispositivos experimentales contruidos con equipamiento científico y/o materiales de bajo costo, simulaciones y problemas de lápiz y papel. Los contenidos abordados cubrieron temas de Mecánica, Electromagnetismo y Óptica. Los resultados dan cuenta que es posible mediante la integración de diversos recursos, incentivar el interés de los estudiantes por conocer y hacer. El diseño y realización de actividades que favorezcan la observación, la elaboración de conjeturas, la especulación teórica, el registro organizado de información, la interpretación de distintos fenómenos y la aplicación de conocimientos a situaciones nuevas permitió desarrollar habilidades cognitivas y fomentar la capacidad de análisis crítico. La resolución de problemas, mediante el modelo que reproduce procedimientos propios de la investigación científica, mostró ser un medio idóneo para propiciar aprendizajes significativos.

## **44 RE - LAS TIC Y LOS NUEVOS ESCENARIOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

**PRÓSPERI, S.B.<sup>1</sup>; MANUEL, A.B.<sup>1</sup>; MOLINA, M.G.<sup>1</sup>; BENITEZ, L.<sup>1</sup>; ELEICEGUI, M.<sup>1</sup>; MUSALE, V.C.<sup>1</sup> SIMONOVICH E.<sup>1</sup>; MARTINEZ, C.<sup>1</sup>; CABAÑAS, V.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 358 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.  
E-mail: [sprosper@fcai.uncu.edu.ar](mailto:sprosper@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen**

El desarrollo tecnológico actual nos está situando en un nuevo paradigma de enseñanza que da lugar a nuevas metodologías y roles docentes, configurando un enfoque distinto de la profesionalidad centrada ahora en el diseño y la gestión de actividades en nuevos entornos de aprendizaje, en la investigación sobre nuevos lenguajes, en la creación y prescripción de recursos, en la orientación y el asesoramiento, en la dinamización de grupos, en la evaluación formativa y en la motivación de los estudiantes.... (Dr. Marquès Pere). *Revista EDUCAR*, núm. 28., 2000).

Este trabajo intenta indagar cuál es el sentido que tienen las TIC para los docentes de Nivel Medio en sus prácticas de enseñanza y cuál es la relación que existe entre la utilización del Modelo 1 a 1 dispuesto por el Programa Nacional Conectar Igualdad en escuelas de Nivel Medio y su continuidad en la Universidad.

El marco metodológico del presente estudio se plantea como una investigación con un enfoque mixto, es decir que involucra aspectos cuantitativos y cualitativos con la finalidad de construir teorías sustantivas que den explicación del fenómeno objeto de estudio (Hernández Sampieri et al., 2006).

Seleccionadas las escuelas participantes y habiéndose realizado el diagnóstico de la situación a través de encuestas on line, un alto porcentaje de docentes considera importante el uso de las TIC en el aula ya que facilita el aprendizaje y promueve el interés con la participación de los alumnos, otros opinan que les falta capacitación y que existen dificultades de orden técnico. Respecto a los referentes técnicos de algunas escuelas, manifiestan que los docentes acuden en pocas oportunidades a consultas y que el uso de netbooks es escaso; por lo que interpretamos se suscitan dificultades técnicas, de conectividad, sumado al uso indebido y la falta de cuidado de las máquinas por parte de los alumnos.

Se espera en la próxima etapa diseñar materiales mediados en entornos virtuales de acuerdo a lo solicitado por los docentes de nivel medio, en las áreas de Inglés, Química y Matemática, en pos de articular los últimos años de la escuela secundaria con el curso de ingreso de la FCAI.

El conocimiento generado permitirá aplicaciones futuras en búsqueda de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos virtuales.

## **45 RE - ANÁLISIS DE LA COHERENCIA ENTRE LOS SISTEMAS SIMBÓLICO Y LINGÜÍSTICO PRESENTES EN LOS LIBROS DE TEXTO PARA LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE MOVIMIENTOS OSCILATORIOS Y ONDAS MECÁNICAS**

**GIORGI, S.<sup>1</sup>; CARRERI, R.<sup>1</sup>; BONAZZOLA, M.<sup>1</sup>; MARINO, L.<sup>2</sup>; CÁMARA, C.<sup>1,3</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 - (S3000AOM) Santa Fe. Argentina.**

**E-mail: [sgiorgi@fiq.unl.edu.ar](mailto:sgiorgi@fiq.unl.edu.ar)**

**2. Facultad de Humanidades y Ciencias. Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria. Paraje El Pozo - (S3000) Santa Fe. Argentina.**

**3. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. 86-Kreder 2805 - (3080HOF) Esperanza. Santa Fe. Argentina.**

### **Resumen**

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación subsidiado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL) que plantea un estudio descriptivo del tratamiento que realizan diversos autores de libros de Física, empleados en la enseñanza en el Ciclo Básico de las carreras de grado que se cursan en dicha universidad, de contenidos de Mecánica Clásica.

Se planteó investigar si el desarrollo que se presenta de dichos contenidos promueve en los estudiantes el aprendizaje significativo de los conceptos involucrados y de sus relaciones. En este trabajo en particular se propuso indagar, en libros de texto (LT) de Física, sobre la coherencia entre los sistemas simbólicos y lingüísticos en el tratamiento de movimientos oscilatorios y ondas mecánicas. Se presentan resultados obtenidos mediante un análisis de contenido de los capítulos correspondientes a los temas mencionados, en LT de Física que presentan desarrollos matemáticos que involucran cálculo diferencial e integral al menos en una variable. Los LT que se analizan consisten en aquellos cuyos autores son referenciados en los Programas Analíticos vigentes de los cursos de Física para las diversas Carreras de las Facultades de la UNL. Se encontró que, en general, en la bibliografía mencionada los temas se presentan con escasas traducciones del lenguaje simbólico al verbal. Particularmente, la interpretación física de las magnitudes y parámetros involucrados en las expresiones matemáticas que describen los fenómenos citados, no siempre son explicitadas por los autores de los LT de manera lo suficientemente exhaustiva como para que los estudiantes construyan representaciones que les sean útiles para comprender e internalizar los contenidos. Es así que muchas veces, para los estudiantes, resolver problemas sobre estos temas se reduce al manejo de ecuaciones matemáticas que no comprenden bien.

Si bien los tratamientos matemáticos de movimientos oscilatorios y ondas mecánicas involucran ecuaciones diferenciales cuyas soluciones muchas veces deben ser “aceptadas” por los estudiantes que aún no han aprendido a resolverlas, se sostiene que parte de las dificultades implicadas en la comprensión de estos temas, reside en que dichas expresiones matemáticas les resultan carentes de significado físico. Es objetivo de este trabajo alertar a los docentes de Física sobre cuestiones conceptuales que deberían recuperar en el aula para propiciar el aprendizaje significativo de contenidos por parte de los estudiantes. De esta manera, los mismos se encontrarían en condiciones más favorables para aprender estudiando a partir de LT. Se sostiene que estos materiales constituyen una de las herramientas más poderosas para aprender.



## 46 RE - EL SISTEMA PERIÓDICO: PROBLEMAS HISTÓRICOS, EPISTEMOLÓGICOS Y PEDAGÓGICOS

VERGNE, C. R.<sup>1,2</sup>; MARTÍN, J. C.<sup>1</sup>; ARRECEYGOR, S.<sup>1</sup>; MARQUEZ, M. E.<sup>1</sup>;  
MAYORAL, A.<sup>1</sup>; PIASTRELLINI, C.<sup>1</sup>; SANDOVAL, B.<sup>1</sup>; TUDELA, G.<sup>1</sup>;  
LABARCA, M.<sup>3</sup>; ZAMBÓN, A.<sup>4</sup>

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina

2. I.E.S. 9-011 "del Atuel". DES, DGE. Maza 750 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina. E-mail: [rodolfovergne@hotmail.com](mailto:rodolfovergne@hotmail.com)

3. CONICET-Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352 - (1876) Bernal, Buenos Aires. Argentina

4. Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco. Ciudad Universitaria Km 4 - (9005) Comodoro Rivadavia, Chubut. Argentina.

### Resumen

**Introducción:** El sistema periódico contiene toda la ciencia química. En una tabla se captura la esencia de la materia y sus cambios. Posee un valor pedagógico y científico inigualable. Por otro lado, diversos estudios han discutido el aporte de la historia y la filosofía para la comprensión, enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Con respecto a la química y su enseñanza, nuevas indagaciones han constituido la reciente filosofía de la química con el objeto de reflexionar sobre contenidos de las ciencias químicas desde una perspectiva disciplinar propia. La investigación busca identificar: (i) los supuestos filosóficos del desarrollo histórico del sistema periódico de los elementos químicos, y (ii) las concepciones sobre la naturaleza e historia de la tabla periódica de los profesores de los cursos universitarios de química. **Objetivo principal:** Reconocer las líneas de discusión sobre los problemas históricos, epistemológicos, ontológicos y pedagógicos acerca del sistema periódico de elementos químicos. **Objetivos secundarios:** (i) Discutir las implicancias filosóficas detrás del desarrollo histórico del sistema de clasificación de los elementos químicos. (ii) Analizar las concepciones sobre la naturaleza de la química como ciencia de los profesores que enseñan la disciplina. **Metodología:** Se desarrollará alrededor de esos dos ejes simultáneamente, a través de la lectura y análisis de la bibliografía especializada sobre el tema, y las entrevistas a los docentes de química. **Resultados esperados:** La tabla y la ley periódica de los elementos, ofrece un lugar privilegiado para reflexionar sobre los problemas de la química para establecerse como una disciplina autónoma epistemológica y ontológicamente. La inclusión de la filosofía de la ciencia y de la química en la formación de los profesores de química y de las carreras afines, pueden contribuir a la mayor comprensión de la naturaleza de la química. **Conclusiones:** 1) El desarrollo histórico del sistema periódico puede plantear los siguientes problemas: (a) qué clase de modelo científico representa, (b) qué tipo de ley natural es, (c) si hay una reducción o no con respecto a la física. 2) (i) El desarrollo histórico del sistema periódico, representa la culminación de la química como ciencia moderna, y ha sido posible gracias a las perspectivas filosófica, física y química del concepto de "elemento". (ii) La historia y la filosofía de la química puede contribuir a la comprensión de la naturaleza de las ciencias químicas y la enseñanza del sistema periódico de los profesores y alumnos de las carreras en ciencias químicas.

## **47 RE - DIFICULTADES EN LA COMPRENSIÓN DE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA.**

**CHERNIKOFF, R.E.<sup>1,2</sup>; RENNA, A.L.<sup>1</sup>; LUCERO, L.L.<sup>1</sup>; MUÑOZ PUNTES, E.<sup>1,2</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bdo. de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

**E-mail: [rchernik@fcai.uncu.edu.ar](mailto:rchernik@fcai.uncu.edu.ar)**

**2. Facultad Regional San Rafael. Universidad Tecnológica Nacional. Gral. Paz y Urquiza - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

### **Resumen**

Tanto los estudiantes de nivel medio como los de los primeros cursos de Física en carreras de ingeniería tienen, habitualmente, cuando estudian mecánica de fluidos, serias dificultades en la comprensión de la flotabilidad de los cuerpos. Se sabe, en parte, cómo los estudiantes explican el fenómeno de la flotación de cuerpos, a qué teorías personales o formales recurren, qué variables consideran relevantes y, también en cierta medida, se han caracterizado los niveles de comprensión y articulación de los contenidos. Un intento, a partir de la teoría psicogenética de los estadios del pensamiento, fue atribuir los fracasos al nivel de capacidades operatorias de los alumnos debido a que los contenidos de la Física requerirían, en general, de un pensamiento formal que no todos los adolescentes habrían alcanzado. Se han detectado ideas previas o concepciones alternativas como que el empuje depende de la profundidad a que se encuentra el cuerpo, del peso y la forma del cuerpo, de la cantidad de líquido, de la superficie de contacto del cuerpo con el líquido y otras. Se sabe que las mismas constituyen una de las áreas del conocimiento más desafiantes en lo que respecta al cambio conceptual que se espera logren los estudiantes. Para facilitar el cambio hacia una comprensión científica del mundo natural los docentes tienen que identificar tales ideas previas y guiar a los alumnos para que adviertan las limitaciones de tales ideas y hacia el reconocimiento de la universalidad de las concepciones científicas.

Con la intención de explorar los errores en la interpretación del Principio de Arquímedes se estudiaron las respuestas brindadas por los estudiantes a las doce cuestiones de opción múltiple utilizadas. El cuestionario se aplicó durante el segundo semestre de 2014 a estudiantes de Física I de la FRSR-UTN (total: 52 alumnos). Se compararon las respuestas con las obtenidas aplicando el mismo cuestionario, en general y alumno por alumno, luego del desarrollo del tema en clase utilizando las actividades que se están elaborando en este proyecto (presentación de Power Point que consta de diez cuestiones de opción múltiple sobre cuestiones básicas de estática de fluidos y que se aplicó utilizando la estrategia de enseñanza por pares, demostraciones sencillas de aula y simulaciones seleccionadas). Se muestran los avances logrados luego de la aplicación de las estrategias descriptas. Los resultados obtenidos muestran que la estrategia utilizada constituye una alternativa valiosa en la enseñanza del tema con un pequeño incremento en el tiempo destinado al desarrollo del mismo.

## **48 RE - IDEAS DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA SOBRE FLOTACIÓN DE CUERPOS.**

**CHERNIKOFF, R.E.<sup>1,2</sup>; MUÑOZ PUNTES, E.<sup>1,2</sup>; LUCERO, L.L.<sup>1</sup>; RENNA, A.L.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. Bdo. de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina**

**E-mail: [rchernik@fcai.uncu.edu.ar](mailto:rchernik@fcai.uncu.edu.ar)**

**2. Facultad Regional San Rafael. Universidad Tecnológica Nacional. Gral. Paz y Urquiza - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina.**

### **Resumen**

Cuando los estudiantes ingresan al aula frecuentemente traen un conocimiento previo y preconcepciones acerca del comportamiento del mundo que los rodea. Algunas de tales ideas son incompatibles con el conocimiento científico actualmente aceptado. La obtención de una gran cantidad de respuestas erróneas en actividades que requieren, por parte de ellos, la aplicación de determinado conocimiento para la resolución de una situación problemática, aún cuando muestran una correcta “verbalización” de ese conocimiento, constituye una preocupación permanente para los docentes de ciencias. Es que también se ha probado que la mayoría de tales preconceptos son bastante persistentes y parecen resistirse al cambio cuando se utilizan estrategias de enseñanza-aprendizaje habituales. Intentando dar una respuesta a esa inquietud los docentes e investigadores en educación en ciencias han dedicado sus esfuerzos durante muchos años a buscar la forma de mejorar el aprendizaje. Existen infinidad de trabajos sobre esta cuestión relacionados a muchos temas de ciencia, particularmente de la Física. Entre estos últimos, uno de los más desafiantes es, sin lugar a dudas, conseguir que los alumnos comprendan por qué los cuerpos flotan o se hunden.

El objetivo del presente trabajo fue preparar y aplicar un cuestionario con doce cuestiones de opción múltiple para realizar una exploración preliminar de los preconceptos y errores más comunes entre estudiantes de Física I en carreras de ingeniería cuando trabajan con cuestiones sobre este tema. El cuestionario se aplicó durante el segundo semestre de 2013 a dos cursos de Física I de la FRSR-UTN (total: 109 alumnos) y durante el primer semestre de 2014 a un curso de la misma asignatura de la FCAI-UNCuyo (89 alumnos). La aplicación se realizó en todos los casos en dos oportunidades, antes y después del desarrollo del tema en clase. A fin de ampliar la muestra se prevé repetir la aplicación durante el primer semestre de 2015.

En este trabajo se ha podido analizar y empezar a desarrollar una temática que hasta el momento no teníamos muy en cuenta, para así tener un mejor conocimiento y manejo en lo que respecta al tratamiento y enseñanza-aprendizaje de la flotación de los cuerpos. Esto nos permitirá poder optimizar los procesos de intervención pedagógica, mejorar las metodologías de enseñanza-aprendizaje y conseguir que los alumnos entiendan y resuelvan cuestiones y problemas que involucran el principio de Arquímedes, entre otras.

**ÁREA CIENCIA E INGENIERÍA  
DE LOS ALIMENTOS  
TRABAJOS COMPLETOS**

## TABLA DE CONTENIDOS

01 TCA - INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN, EL PROCESO Y EL TIEMPO DE MADURACIÓN EN LA TEXTURA DE QUESOS REGIONALES DE ENTRE RÍOS (ARGENTINA).....	297
02 TCA - DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA CON PELÍCULAS COMESTIBLES: APLICACIÓN EN PERAS.....	304
03TCA - EFECTO DE LA DESHIDRATACION SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EL COLOR SUPERFICIAL DE <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	311
04TCA - GELES DE CASEINATO DE SODIO Y ACEITE DE GIRASOL COMO ALTERNATIVA A LAS GRASAS TRANS .....	319
05TCA - ESTUDIOS PRELIMINARES DE SAPONINAS EN FRUTOS DE MISTOL .....	326
06TAC - ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE AGUA PARA LECHE EN POLVO REDUCIDA EN LACTOSA.....	330
07TCA - PROGRAMA CON UN SOFTWARE MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE FRIZADO DE UN ALIMENTO EN LECHO FLUIDIZADO Y CON ESTUDIO ECONÓMICO. ....	335
08TCA - EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS DE <i>Pachyrhizus ahipa</i> ACOPLADA AL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN Y ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES EMULSIFICANTES .....	342
09TCA - EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BACTERIAS LÁCTICAS Y LEVADURAS EN QUESOS FRESCOS DE CABRA DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA.....	349
10TCA - EFECTO DE LA PROTEÓLISIS SOBRE LA TEXTURA DE QUESOS DE CABRA MADURADOS .....	356
11TCA - CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS EN MIELES DE ACUERDO A SU ORIGEN FLORAL .....	363
12TCA - CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS DE AROMA EN QUESOS DUROS ELABORADOS CON CEPAS DE <i>Lb. helveticus</i> .....	370
13TCA - APLICACIÓN DE UNA PREPARACIÓN PECTINOLÍTICA DE <i>Aspergillus sojae</i> EN LA ELABORACIÓN DE VINO BLANCO .....	377
14TCA - EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATRICES POLIMÉRICAS EN LA OBTENCIÓN DE CULTIVOS INICIADORES MEDIANTE <i>SPRAY DRYING</i> .....	384
15TCA - EMPLEO DE <i>SPRAY DRYING</i> A ESCALA PILOTO PARA LA OBTENCIÓN DE BACTERIAS LÁCTICAS PROBIÓTICAS .....	391
16TCA - EVALUACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN: EXTRACTOS CONCENTRADOS DE ORUJOS TINTOS Y HARINA DE ORUJOS EMPLEADA EN LA ELABORACION DE GALLETTAS CONSERVADAS A DIFERENTES ATMOSFERAS CONTROLADAS.....	398
17TCA - PURIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BACTERIOCINA PRODUCIDA POR <i>Lactobacillus curvatus</i> ACU-1.....	406
18TCA - DESARROLLO DE QUESOS FRESCOS FUNCIONALES Y SALUDABLES A PARTIR DE LECHE BOVINA .....	413
19TCA - SECADO CONVECTIVO DE ANANÁ CON APLICACIÓN DE PULSOS DE ENERGÍA DE MICROONDAS .....	421

20TCA - EXTRACCIÓN DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE ( <i>Illex paraguariensis</i> ) .....	428
21TCA - ACTIVIDAD ACUOSA E ISOTERMAS DE ABSORCIÓN DE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO.....	435
22TCA - EFECTO DE LA PRESENCIA DE HIERRO EN LA VIABILIDAD DE <i>Lactobacillus casei</i> EN UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE CALABAZA .....	441
23TCA - RESIDUOS DE CALABAZA ( <i>Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret</i> ) COMO SOPORTE DE <i>Lactobacillus casei</i> .....	448
24TCA - RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE QUITOSANO PARA PROLONGAR LA VIDA POSCOSECHA DE KUMQUATS ( <i>Fortunella Spp</i> ) .....	455
25TCA - EVALUACION DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EL COLOR DE ALIMENTOS FUNCIONALES A BASE DE ARANDANO Y ROSA MOSQUETA DESHIDRATADA .....	462
26TCA - CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS .....	469
27TCA - EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LEPTOCARPHA RIVULARIS: COMPARACIÓN DE EXTRACTOS OBTENIDOS POR HIDRODESTILACIÓN Y EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA CON CO <sub>2</sub> .....	476
28TCA - CALIDAD HIGIENICO-SANITARIA DE POLLOS PROVENIENTES DE DIFERENTES COMERCIOS DE LA CIUDAD DE LA RIOJA, ARGENTINA .....	483
29TCA - ALIMENTOS FUNCIONALES REGIONALES: EFECTO DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN SOBRE LA ACTIVACIÓN DE MASTOCITOS.....	491
30TCA - ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO DE ANTIOXIDANTES DE CÁSCARA DE NARANJA .....	498
31TCA - MICROBIOTA Y CEPAS DE <i>Alternaria alternata</i> TOXICOGÉNICAS EN UVAS MALBEC DE LA DOC SAN RAFAEL, ARGENTINA .....	505
32TCA - INFLUENCIA DE <i>Aureobasidium pullulans</i> PECTINOLÍTICO EN VINIFICACIONES EN TINTO CONDUCTIDAS A BAJA TEMPERATURA .....	513
33TCA - MICROPARTÍCULAS LIPÍDICAS SÓLIDAS (slm) COMPUESTAS POR LECITINA DE SOJA, MANTECA DE CACAO Y VITAMINA E: CARACTERIZACIÓN, COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y SU APLICACIÓN COMO ADITIVO PARA YOGURT .....	522
34TCA - EVALUACION DE TRATAMIENTOS PARA INHIBIR EL DESARROLLO DE PARDEAMIENTO Y CONSERVAR LA CALIDAD SENSORIAL DE BERENJENAS IV GAMA. ....	531
35TCA - ALTERNATIVAS DE ELABORACIÓN DE SALAMINES CON DIFERENTES MATERIAS PRIMAS DE LA REGIÓN NOA DE ARGENTINA.....	537
36TCA - MICROPARTÍCULAS CORE-SHELL DE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO Y CARBOXIMETIL CELULOSA DESTINADAS AL REEMPLAZO DE GRASA .....	544
37TCA - EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SECADO DE GRANOS INDIVIDUALES DE CHÍA.....	552
38TCA - ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN PARA PIÑONES DE <i>Araucaria araucana</i> Y EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD.....	561
39TCA - RETENCIÓN DE VITAMINA C DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE GELES PÉCTICOS LAMINADOS DE ROSA MOSQUETA ( <i>Rosa rubiginosa</i> L).....	566

40TCA - MODELADO NUMÉRICO PARA LA TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DUAL PARA OBTENCIÓN DE UVA PASA BAJA EN CALORÍAS.....	574
41TCA - IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS PATOGENOS EN EL PROCESO DEL QUESO DE PORO .....	582

# **01 TCA - INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN, EL PROCESO Y EL TIEMPO DE MADURACIÓN EN LA TEXTURA DE QUESOS REGIONALES DE ENTRE RÍOS (ARGENTINA)**

**PÉREZ, D. R.; SIMONETTI, M. DEL R.; BOU, N.F.; TAHER, H.A.**

**Facultad de Ciencias de los Alimentos - Universidad Nacional de Entre Ríos  
Monseñor Tavella 1.450 – (3.200) – Concordia – Entre Ríos - Argentina  
perezdaniel\_1@hotmail.com; perezd@fcal.uner.edu.ar**

## **Resumen**

Se cuantifican los parámetros de Firmeza y Fracturabilidad mediante un texturómetro y se determina la composición porcentual de Humedad, Materia Grasa y Proteínas de Quesos Regionales de Entre Ríos (Argentina). La Firmeza de los mismos es muy variable, no encontrándose correlaciones con la composición. Sí existe una correlación inversamente proporcional entre la Humedad y la Firmeza de un mismo queso a lo largo de su maduración.

Del estudio de los datos obtenidos y de la observación de los procesos de elaboración que generaron las muestras, se infiere la existencia de muy estrechas relaciones entre dichos procesos, las estructuras de los quesos obtenidos y consecuentemente de sus propiedades, en particular las texturales. Esto podría extrapolarse a otros tipos de quesos.

## **1. Introducción**

El queso es un alimento nutricional, económica y culturalmente muy importante para el ser humano, (García Tejerina, 2012), (INTI, 2014), constituido básicamente por una matriz proteica (el paracaseinato de calcio) que incluye lípidos, agua y componentes menores mayoritariamente disueltos en la fase acuosa (Luyten et al., 1991).

En la provincia de Entre Ríos, República Argentina, se produce aproximadamente el 4 % de la leche de todo el País. La producción se caracteriza por la preponderancia de tambos medianos y pequeños, de los cuales muchos son productores habituales o circunstanciales de quesos, debido a que las condiciones climatológicas (muchos días de lluvia en el año) combinadas con la infraestructura caminera (muchos kilómetros sin pavimentar o afirmar) imposibilitan el retiro de la leche de los tambos y éstos evitan perder la misma mediante su transformación en quesos (Quesos Regionales de Entre Ríos). Los productores también recurren a esta práctica cuando condiciones del mercado hacen que por la misma obtengan más valor por su producción (Pérez y col., 2012).

La tecnología de elaboración utilizada en estos establecimientos resulta de su disponibilidad de recursos y hábitos tradicionalmente instalados en nuestra quesería, por lo que la producción de quesos de estos tambos - fábrica se orienta a los de tipo itálico, de baja humedad y de masa cocida, tipo Sardo, cuya forma de elaboración fue introducida y adaptada a nuestro País por los inmigrantes provenientes de Italia.

Sabido es que la calidad de un queso se establece a partir de sus características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales (CAA, 2014), (SAGPyA, 2008). Dentro de las características sensoriales encontramos descriptores que corresponden al flavor y otros a la textura. En este sentido, dada la gran importancia que ha cobrado el aspecto textural de los alimentos en general, y en especial de los quesos, importantes grupos de



investigación de distintas partes del mundo se encuentran abocados a estudiar este tema, pero orientándose básicamente hacia sus quesos típicos (Gunasekaran y Mehmet, 2003), (O'Mahony et al., 2005), (Tunick y Van Hekken, 2006).

En particular para esta variedad de Quesos Regionales de Entre Ríos (itálicos de pasta dura) la textura constituye un significativo parámetro para su valoración. En términos del Análisis Sensorial, para el aspecto textural de estos quesos, la Firmeza o Dureza y la Friabilidad son los descriptores más significantes. De acuerdo a la Metodología para la Evaluación Sensorial de Quesos Argentinos (Montero et al., 2005), en concordancia con criterios propuestos por el grupo de análisis sensorial del Programa FLAIR (COST 902) y AIR-CT 94-2039 de la Unión Europea (INRA, 1994), se entiende por Firmeza o Dureza a la resistencia que presenta la muestra a un pequeño desplazamiento de las mandíbulas y por Friabilidad a la aptitud que presenta la muestra de generar numerosos trozos desde el principio de la masticación.

En un enfoque más orientado a las propiedades mecánicas de los materiales alimentarios (Dobraszczyk y Vincent, 1999), (Rosenthal, 2001) se utiliza el término Firmeza, entendido como el esfuerzo máximo (fuerza) que un objeto soportará antes de romperse. La Friabilidad se asimila al concepto de Fractura por el mecanismo de tensión o apertura de una grieta, tal como hacen los dientes incisivos, cuantificándola como la distancia de la deformación que soporta el material alimentario antes de romperse.

Por otra parte, es actualmente reconocido que no sólo la composición sino también la distribución de los componentes en las distintas fases son fundamentales en la conformación de la estructura y propiedades (físicoquímicas, nutricionales, sensoriales) de un alimento. Así, cambios estructurales asociados al procesado de alimentos conllevan cambios en dichas propiedades y en la calidad del producto final, constituyendo las denominadas relaciones estructura-propiedad-proceso (Fito et al., 2007).

Este concepto adquiere fundamental importancia en los quesos, dado que las partículas (micelas) de caseína que originalmente se encuentran en la leche en estado de solución coloidal, moviéndose libremente en el medio acuoso, por la acción de una enzima coagulante pierden propiedades protectoras y estabilizantes y en presencia de iones calcio se forman puentes salinos entre las mismas, aglomerándose, pasando de su estado de sol a un estado de gel (coágulo). En este gel de paracaseinato de calcio, las micelas de caseína se orientan formando un armazón tridimensional de forma alveolar. Este coágulo contiene toda el agua original de la leche (87 – 88 %) y una vez que haya sido parcialmente deshidratado constituirá la masa del queso para ser madurada. (Spreer, 1991), (Alais, 1985).

Dentro del gel, se puede encontrar el agua de 3 maneras:

- 1- GPE (gran porosidad extramolecular): agua libre o circulante, en los alvéolos de la matriz, que se evacuará por rotura de los mismos y la permeabilidad de aquella.
- 2- PPE (pequeña porosidad extramolecular): agua capilar incluida en la red filamentosa de las caseínas que se eliminará por contracción del gel y calefacción.
- 3- AL (agua ligada dentro de la micela): se elimina por aumento de temperatura. (Gauna, 2005).

Para que se produzca, entonces, su deshidratación (desuerado), el coágulo formado en la tina es sometido a las operaciones de corte (lirado), agitación y calentamiento. Los trozos de cuajada que se generan por el corte se van deshidratando de manera más intensa a nivel superficial, “encapsulando” a cada uno de ellos; estos trozos luego se unen mediante prensado, quedando suero retenido entre ellos, el que es evacuado

parcialmente por el mismo prensado, luego por el salado y finalmente por el secado durante la maduración. Cantidades relativas diferentes de agua residual en sus distintas formas hace que aunque la humedad global de diferentes quesos sea la misma o similar, su estructura y por lo tanto sus propiedades texturales sean diferentes.

Durante la maduración, la cuajada recién elaborada, de pobres atributos sensoriales se transforma en lo que conocemos como queso debido a procesos físicos como la difusión de la sal y la pérdida de humedad, acompañados de cambios bioquímicos, casi todos de naturaleza enzimática, producidos sobre los principales componentes que conforman la cuajada: lactosa, proteínas y materia grasa (Fox y McSweeney, 1998). En los quesos argentinos de pasta dura puede considerarse que los cambios bioquímicos no tienen una incidencia apreciable sobre su textura (Zalazar y Reinheimer, 2006).

## **2. Objetivos**

- 1) Determinar la composición y características texturales valorizadas instrumentalmente de Quesos Regionales de la provincia de Entre Ríos (Argentina) durante su maduración.
- 2) Buscar correlaciones entre macrocomponentes del producto y los parámetros texturales valorizados instrumentalmente.
- 3) Investigar la influencia del proceso de elaboración y el tiempo de maduración en las características texturales de los Quesos Regionales de la provincia de Entre Ríos (Argentina)

## **3. Metodología**

**Muestras:**

De 20 establecimientos de la provincia de Entre Ríos, que tienen procesos similares de elaboración y que obtienen quesos de apariencia comparables, a juicio de un consumidor no especializado, se tomaron en cada uno, 3 muestras correspondientes a una misma elaboración. Una muestra de cada trío se analizó a los 10 (+/- 3) días de salidas las hormas de salmuera, determinándose todos sus macrocomponentes y sus parámetros de textura. Las otras fueron analizadas a los 65 y 95 (+/- 3) días dejándoselas madurar hasta ese momento en cámara a 15 +/- 3 °C y 80 +/- 5 % de humedad. Las determinaciones de estas últimas fueron texturales y de su humedad.

Las hormas muestreadas tenían, como la mayoría de los Quesos Regionales de Entre Ríos, forma esferoide, con sección vertical de caras paralelas y bordes convexos.

**Humedad:**

Para realizar estas determinaciones se utilizó una balanza desecadora por rayos infrarrojos marca Sartorius modelo MA30. La potencia de trabajo del equipo fue seleccionada para que el análisis se realizara en un tiempo de entre 8 y 10 minutos. Resultados de análisis realizados mediante este método se contrastaron con el obtenido por el método gravimétrico clásico de desecación en estufa a presión atmosférica a 100 +/- 2 °C no difiriendo entre ellos en más de un 1 %.

**Materia grasa:**

Para determinar la cantidad de materia grasa contenida en los quesos, se utilizó el método butirométrico Gerber según van Gulik. (ISO, 2008)

**Proteínas:**

Para conocer su valor se aplica un factor de 6,38 al contenido de nitrógeno total de la muestra, determinado por destilación y posterior titulación (metodología Kjeldahl).

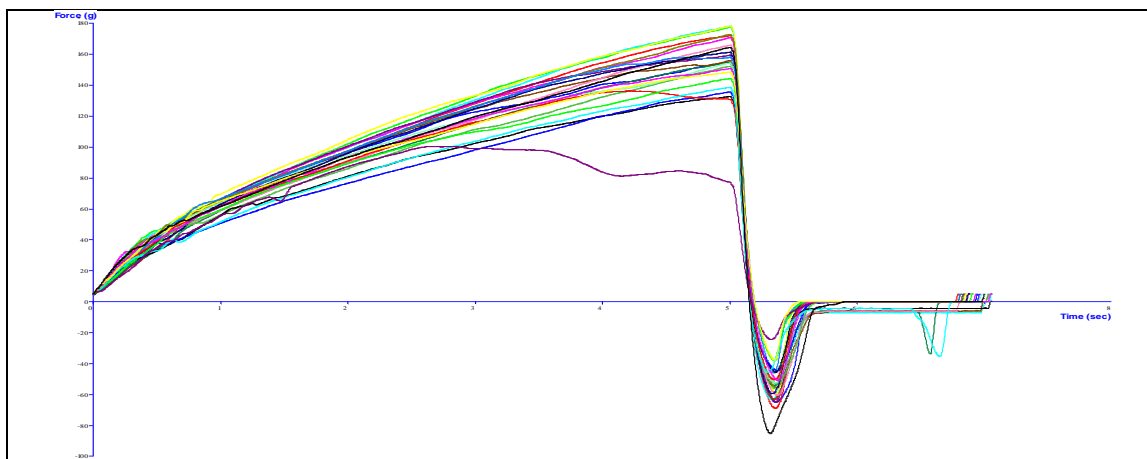
**Textura:**

Se trabajó con un equipo Stable Micro Systems TA – XT2, este equipo armado con el dispositivo de cuña de fractura A/WEG con una celda de carga de 5 Kg., ajustado con los siguientes parámetros: 1- Modo: medida de fuerza en compresión; 2- Opción: retornar al inicio; 3- Velocidad de pre test: 1,0 mm/seg; 4- Velocidad de test: 2,0 mm/seg; 5- Velocidad de post test: 10,0 mm/seg; 6- Distancia (penetración): 10 mm; 7- disparador y tara automáticos.

Para realizar los ensayos, primeramente cada horma era cortada al medio, siguiendo un meridiano imaginario. A continuación, en una de las mitades, se realizaba un corte paralelo al primero, aproximadamente a 3 cm de distancia; de esta manera se generaba una rodaja de queso de este espesor. Luego esta rodaja (acostada) era cribada con cortes horizontales cada 1 cm y verticales cada 2 cm. De este modo se generaban los trozos (prismas de ensayo) que eran colocados en el texturómetro. Se analizaban los prismas que estuvieran íntegros, que no presentaran defectos morfológicos evidentes ni fueran muy próximos a la corteza.

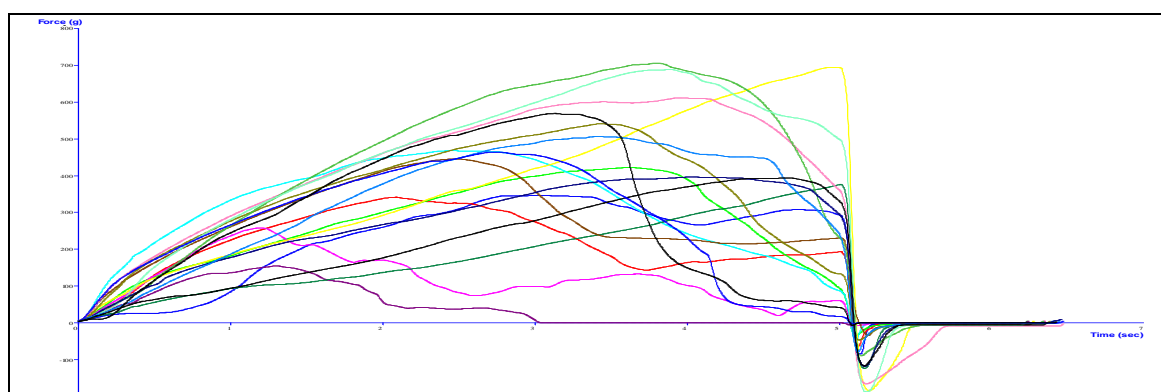
#### 4. Resultados

Las determinaciones de textura dan como resultado texturogramas como los que se muestran en las Figuras 1 y 2. En el eje de ordenadas se encuentran los valores de la fuerza que va realizando el instrumento a medida que penetra en la muestra. En el eje de abscisas se registra el tiempo transcurrido desde que el instrumento toma contacto con la muestra; posteriormente se informa, conociendo la velocidad constante de avance de la herramienta, la distancia desde la superficie de la muestra a la cual el instrumento realizó la máxima fuerza.



**FIGURA 1** - Texturograma Muestra N° 20 a los 10 días de maduración

El texturograma de la FIGURA 1 pertenece a la Muestra N° 20, donde cada curva corresponde a un trozo de esa Muestra. Se observa que la curva inferior es la de un trozo que se fracturó aproximadamente a la mitad del recorrido de la herramienta, en tanto que en casi todos los demás trozos ésta llegó hasta el final del recorrido programado, ejerciendo obviamente allí la máxima fuerza dado que no se produjo la fractura de la muestra.



**FIGURA 2** - Texturograma Muestra N° 20 a los 65 días de maduración

En la FIGURA 2 se presenta el texturograma del mismo queso que el de la FIGURA 1, pero en ésta a los 65 días de maduración. Se observa el aumento de la Firmeza por la mayor fuerza realizada por el instrumento y el aumento de la Friabilidad al ver que la muestra se fractura a menor distancia de la superficie de la misma.

En las Tablas 1 se presentan datos de las muestras a los 10 días de maduración.

**TABLA 1** - Composición y parámetros texturales de Quesos Regionales de la provincia de Entre Ríos (Argentina) con 10 días de maduración

Muestra N°	Fuerza Promedio [g] - (3)	Distancia Promedio [mm] - (6)	Humedad [%]	Lípidos [%]	Proteínas [%]
1	254,7	9,5	44,6	31,7	21,6
2	245,9	10,0	43,2	24,5	27,7
3	489,6	8,9	38,0	34,4	26,7
4	396,8	8,8	32,4	36,0	26,1
5	331,1	9,4	39,2	32,3	28,1
6	416,4	8,4	41,8	28,5	27,48
7	163,3	9,9	47,1	24,5	25,2
8	516,6	8,8	40,8	27,0	28,51
9	215,1	7,8	39,4	32,5	28,4
10	316,6	5,7	39,5	28,5	23,5
11	361,6	9,8	38,8	30,0	24,6
12	349,0	7,7	40,0	31,0	26,1
13	506,7	7,7	40,4	28,5	26,91
14	424,4	7,5	39,9	28,0	26,5
15	328,7	9,6	44,1	25,2	26,1
16	304,6	9,9	40,9	28,0	27,0
17	241,1	8,8	35,5	35,0	22,5
18	225,5	9,4	40,6	30,4	24,3
19	444,3	8,8	45,6	29,6	22,8
20	155,2	9,8	43,8	28,3	25,2
PROMEDIO	334,4	8,8	40,8	29,7	25,8

STDEV	110,1	1,1	3,4	3,3	2,0
STDEV / PROM.	32,9	12,3	8,4	11,0	7,8

Respecto a la Firmeza de los quesos recién elaborados, se observa una notable variabilidad, puesta de manifiesto en que la relación del valor de la desviación estandar referido al valor medio de la población es del 32,9 %.

Realizados los análisis ANOVA no se encontró ninguna correlación estadísticamente significativa entre la Firmeza y alguno de los componentes del producto analizados.

Se observa también que la variabilidad y dispersión de los valores de los macrocomponentes es significativamente menor que la de la Firmeza.

Respecto a la Fracturabilidad, la variabilidad en la misma que tienen estos quesos (uno respecto a otro) es notablemente menor que la que tiene la Firmeza; al igual que con ésta, el ANOVA no reveló ninguna correlación estadísticamente significativa de la misma con los macrocomponentes del producto.

Los análisis a los 65 y 95 días de maduración mostraron el descenso de la Humedad y el aumento de la Firmeza y la Fracturabilidad de todas muestras a lo largo de la misma.

El análisis ANOVA de estos resultados indica que la relación entre los promedios de la Firmeza y la Humedad es moderadamente fuerte, explicándose el 98,0 % de la variabilidad con un modelo lineal ajustado representado por la siguiente ecuación:

$$\text{Firmeza (g)} = 3724,08 - 83,277 * \text{Humedad (\%)} \quad (1)$$

El mismo análisis para la Fracturabilidad indica que su relación con la humedad es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95,0 % y que una ecuación de un modelo lineal ajustado

$$\text{Fracturabilidad (mm)} = -5,09071 + 0,339527 * \text{Humedad (\%)} \quad (2)$$

explica casi la totalidad de la variabilidad.

## 5. Conclusiones

El Trabajo ha alcanzado los Objetivos planteados, poniendo en evidencia del análisis de los datos recogidos y de las observaciones hechas durante las elaboraciones en los distintos establecimientos que dieron origen a las muestras, que existe una muy estrecha relación entre la manera (proceso) de elaboración (sobre todo del tratamiento de la cuajada), la estructura de los quesos obtenidos y sus respectivas propiedades texturales.

Al no existir, a nivel operativo industrial, alguna forma de determinar cuánta agua va quedando en cada una de las distintas formas en que la misma está presente en la cuajada, son el oficio y / o la experiencia los que guían al maestro quesero en estas operaciones. Esto explica los datos relevados por este Trabajo e incentivan a continuar trabajando en este tema a fines de conocerlo más profundamente y desarrollar y estandarizar tecnologías que permitan alcanzar las propiedades deseadas de los productos, lo que permitiría satisfacer más a los consumidores y aumentar así el valor de la producción en beneficio de toda la cadena productiva.

Cabe consignar que los resultados de este análisis deberían relacionarse con los estudios sensoriales correspondientes para determinar las preferencias de los consumidores. Durante la realización de este trabajo sólo se hicieron pruebas preliminares a este respecto; los resultados de éstas y de las que se obtengan en un estudio más exhaustivo usando quesos elaborados en forma similar son el objetivo de una futura comunicación. En este tipo de quesos, el tiempo de maduración aumenta su Firmeza y su Fracturabilidad.

## 6. Bibliografía

- Alais, Ch. (1985). Ciencia de la Leche – Editorial Reverté S.A. – Barcelona
- CAA – Código Alimentario Argentino – Cap. VIII.
- Dobraszcik, B.J.; Vincent, J.F. (1999). Measurement of mechanical properties of food materials in relation to texture: the materials approach. In: Rosenthal, A.J. – Food Texture: Measurement and Perception; Aspen Publication, 1999. Cap 5, p. 99-147.
- Fito, P.; LeMaguer, M.; Betoret, N. y Fito, P.J. (2007). Advanced food process engineering to model real foods and processes: The “SAFES” methodology. Journal of Food Engineering, vol. 83, pp. 173-185.
- Fox, P. y McSweeney, P. (1998). Cheese ripening in Dairy chemistry and biochemistry. Blakie Academic & Professional, London, pp. 403-415.
- García Tejerina, I. (2012). El queso como factor cultural, medioambiental y económico. Diario de Gastronomía, 12/06/2012.
- Gauna, A. (2005). Elaboración de quesos de pasta semidura con ojos. Instituto Nacional de tecnología Industrial (Argentina) – Unión Europea.
- Gunasekaran, S. y Mehmet Ak, M. (2003). Cheese Rheology and Texture – CRC Press
- INRA (1994) – Guide D’Evaluation Sensorielle de la Texture des Fromages a pâte dure ou semidure.
- INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial – [www.quesosargentinos.gov.ar](http://www.quesosargentinos.gov.ar)
- ISO 3433:2008) / IDF 222:2008.
- Luyten, H.; van Vliet, T.; Walstra, P. (1991). Characterization of the consistency of Gouda cheese: Rheological properties. Netherland Milk Dairy Journal, 45:33–53.
- Montero, H. et. Al. (2005) – INTI – Lácteos – Argentina – Jornadas de Análisis Sensorial.
- O’Mahony, J.A., J.A. Lucey and McSweeney P.L.H. (2005). Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization and texture development during the ripening of Cheddar cheese. Journal of Dairy Science 88, 3101-3114.
- Pérez, D.; Simonetti, M.; Taher, H. (2012). Caracterización bromatológica de quesos regionales de la provincia de Entre Ríos. Revista FABICIB N° 16, pp. 105 – 118. Ediciones UNL.
- Rosenthal, A. (2001) – Textura de los Alimentos – Medida y percepción — Editorial Acibia, S.A.
- SAGPyA – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos – Argentina – Resolución SAGPyA N° 16/2008 – Protocolo de Calidad para queso Reggiano.
- Spreer, E.(1991). Lactología Industrial – Editorial Acibia S.A. – Zaragoza
- Tunick, M. y Van Hekken, D. (2006). Chemistry and Rheology of Cheese – American Chemical Society.
- Zalazar, C. y Reinheimer, J. (2006). Avances en microbiología, bioquímica y tecnología de quesos – Universidad nacional del Litoral – Ediciones UNL – Argentina.

## **02 TCA - DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA CON PELÍCULAS COMESTIBLES: APLICACIÓN EN PERAS.**

**SOTERAS, E. M.<sup>1,2</sup>; RODRIGUEZ, A.<sup>5</sup>; GARCIA M.A.<sup>2,4</sup>; CAMPAÑONE, L.<sup>2,3</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis. Ruta Prov. N° 55 (Ex. 148) Extremo Norte - (5730) Villa Mercedes, San Luis. Argentina. E-mail: [esoteras@fices.unsl.edu.ar](mailto:esoteras@fices.unsl.edu.ar)**

**2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina.**

**3. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata (1900), Argentina**

**4. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata (1900), Argentina**

**5. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro de Investigación agropecuaria. Instituto Tecnología de Alimentos. Delos Resero y Nicolás Repetto s/n- (1686). Hurlingham, Buenos Aires; Argentina.**

### **Resumen**

Recientemente se han realizado varios estudios sobre la aplicación de barreras funcionales como prevención para ciertos fenómenos que suceden en la deshidratación osmótica (DO), uno de ellos y el más reconocido es la captación de soluto de la solución hipertónica. El objetivo del presente trabajo es el estudio de la DO y el comportamiento de la aplicación de películas comestible de Alginato de sodio (Alg.) y Pectina (Pec.) en la deshidratación de peras en cubos. Las muestras fueron sometidas a DO en una solución de sacarosa de diferentes concentraciones (40 y 60 °Brix) y temperaturas (20 y 40 °C). Para el caso de la aplicación de las películas, la metodología de formación del recubrimiento fue la siguiente: los cubos fueron sumergidos primero en la solución de los hidrocoloides elegidos durante 5 min, luego se escurrieron eliminando la solución excedente y finalmente se sumergieron en solución de lactato de calcio durante 5 min para la formación del gel. El análisis de los resultados se realizó en términos de la pérdida de peso (WR), pérdida de agua (WL), sólidos solubles (SS) y ganancia de sólidos (SG). Los resultados mostraron que los diferentes procesos elegidos tuvieron efectos significativos en las variables estudiadas, obteniéndose mayor WL para el caso de DO de 60 °Br – 40 °C con aplicación de Pec. como recubrimiento. En el análisis estadístico se observaron diferencias significativas con respecto a la WL en los tratamientos DO de 40 °Br – 40 °C y DO de 60 °Br – 40 °C, comparadas con el resto de los tratamientos. Además se observó que para estas condiciones operativas, las películas tuvieron un mayor efecto barrera en cuanto a SG. Como conclusión general se puede decir que la aplicación de recubrimientos de hidrocoloides como Pec. y Alg. da lugar a ventajas considerables en el proceso de deshidratación osmótica tanto en la pérdida de agua como en la ganancia de sólidos.

### **1. Introducción**

El desarrollo de nuevos recubrimientos comestibles con una mejor funcionalidad y rendimiento para las frutas y vegetales frescos y mínimamente procesados es uno de los retos de la industria de post-cosecha. Los recubrimientos comestibles se definen como

capas delgadas de material comestible formada sobre la superficie de un alimento como un revestimiento, o se colocan (pre-formados) entre componentes de los alimentos, su propósito es extender la vida útil de los alimentos y proporcionar una barrera contra diversos riesgos como la difusión de gases y pérdida no deseada de humedad del alimento (López et al., 2010). Los polisacáridos más frecuentemente utilizados son celulosa y almidón (y sus derivados), quitosano, extractos de algas marinas (alginatos y carragenanos), exudados de goma (árabe), semillas (goma guar) o gomas de fermentación microbiana (xantano y goma de gelano) y pectina (Galus y Lenart, 2013). Durante la deshidratación osmótica de alimentos, además de la pérdida de agua deseable, se observa otro flujo de masa, relativamente indeseable, la captación de sólidos osmóticos. Por lo tanto, uno de los principales objetivos en la deshidratación osmótica es reducir al mínimo la captación de sólidos osmóticos, ya que puede alterar gravemente características organolépticas y nutricionales del producto (Jalaei et al., 2011; Mittrakas et al., 2008). Este proceso ha generado un gran interés durante mucho tiempo debido a sus potenciales ventajas, incluyendo: (1) una mejor retención del color y sabor, (2) las temperaturas de proceso suaves no afectan a las características semi-permeables de las membranas celulares, y (3) menor requerimiento de energía en comparación con el secado por aire caliente de convección forzada. A pesar de esas ventajas, sus aplicaciones comerciales son todavía bastante limitadas debido a la gran absorción de solutos, dando un impacto negativo sobre el perfil nutricional del producto (Khin et al., 2007).

Por lo tanto, los principales intereses de la investigación en este área se han centrado en buscar formas de controlar la absorción de solutos (Matuska et al., 2006). Las alternativas que incluyen son: (1) el control de la geometría y el tamaño del producto, (2) el uso de soluciones mixtas de sal y de azúcar, (3) el uso de agente osmótico de alto peso molecular, (4) el aumento de la temperatura de proceso y (5) tratamiento de revestimiento antes de la deshidratación osmótica mediante el uso de materiales de recubrimiento comestibles. Entre estos métodos, el uso de recubrimiento como barrera es muy prometedor (Khin et al., 2006). Soluciones de recubrimiento como pectina de bajo metoxilo (LMP), pectina de alto metoxilo (HMP), metilcelulosa, carboximetilcelulosa, maltodextrinas, almidón de papa, almidón de maíz, alginato de sodio, quitosano y metilcelulosa se pueden utilizar en las verduras y frutas para evitar la ganancia de sólidos y mejorar las propiedades organolépticas y nutritivas y la vida útil durante la deshidratación osmótica (Jalaei et al., 2011). Las propiedades de barrera de los recubrimientos dependen principalmente de su composición y del método utilizado para su implementación. A los efectos del proceso osmótico, los recubrimientos comestibles deben tener las siguientes propiedades: buena resistencia mecánica (fuerza de gel), propiedades sensoriales satisfactorias, formación fácil y rápida de película con técnicas simples, alta difusividad del agua y mantenimiento (del revestimiento) en un estado intacto sin disolver en la solución osmótica (Matuska et al., 2006). Dados estos antecedentes, en el presente estudio, se investigará el comportamiento de películas de Pectina (Pec.) y Alginato de Sodio (Alg.) en combinación con Lactato de Calcio sobre la deshidratación osmótica de cubos de pera.

## **2. Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el efecto de dos recubrimientos comestibles (Alg. y Pec.) en comparación a muestras sin recubrir y con diferentes condiciones de tratamiento (concentración del agente osmótico y temperatura del



proceso) durante la deshidratación osmótica de cubos de peras, analizando la pérdida de agua y la ganancia de sólido solubles.

### 3. Metodología

#### 3.1. Materiales

Se trabajó con peras de la variedad Packham's Triumph (*Pyrus Communis*,  $85.8 \pm 1.7$  % de humedad y  $12.8 \pm 1.8$  % de sólidos solubles), Alginato de Sodio (ALGINIC ACID SODIUM SALT, Powder, Viscosity 20-40 cP, 'Aldrich®'), Pectina (LM 102 AS, "Genu®-Pectin"), Lactato de Calcio (Calcio Lactato.5H<sub>2</sub>O, Parafarm®) y Sacarosa (Azúcar comercial, Ledesma Argentina).

#### 3.2. Deshidratación Osmótica (DO) de las muestras

Las peras fueron lavadas, peladas y cortadas en cubos de 1 cm<sup>3</sup> de forma de extraer la mayor cantidad de pulpa posible. Los cubos de peras fueron pesados (aprox. 50 gr. de muestra) y sometidos a DO por inmersión en solución de sacarosa bajo las siguientes condiciones: 40 °Br – 20 °C, 40 °Br – 40 °C, 60 °Br – 20 °C y 60 °Br – 40 °C, las mismas fueron adoptadas en varios ensayos de deshidratación osmótica por diferentes autores (Talens et al., 2012; Mitrakas et al., 2008; Khin et al., 2006), con agitación en Shaker de 100 rpm por un tiempo de 16 hs. (tiempo en que se considera se ha alcanzado el equilibrio). Transcurrido el tiempo de deshidratación se procedió a la extracción de las muestras, la cual se realizó escurriendo la solución excedente de sacarosa y lavando los cubos rápidamente con agua destilada. Luego se secaron con papel absorbente. Una vez realizado el acondicionamiento de las muestras se registraron los pesos de las mismas. Todos los ensayos se realizaron por duplicado.

#### 3.3. Preparación de los recubrimientos

Para la preparación de las películas (Alg. y Pec.), la metodología utilizada fue la siguiente: los cubos se sumergieron primero en la solución de Alginato 2% p/p y Pectina 3% p/p durante 5 min., luego se escurrió la solución excedente (2 min.) y se sumergieron en solución de Lactato de Calcio 5 % p/p durante 5 min., se escurrieron nuevamente (2 min.).

#### 3.4. Determinación de la humedad

La determinación de la humedad se realizó por secado en estufa a 70 °C durante 48 hs hasta peso constante. Las muestras se analizaron por triplicado (AOAC, 1980).

#### 3.5. Determinación de sólidos solubles

La determinación de sólidos solubles se realizó por medio de un refractómetro digital (Hanna Instruments modelo HI96801, USA) midiendo los °Brix (°Br) sobre el extracto obtenido del prensado y filtrado de una muestra de los cubos frescos y tratados, a temperatura ambiente, la determinación se realizó por triplicado.

#### 3.6. Análisis de resultados y estadísticos

Los resultados se analizaron según las siguientes ecuaciones:

$$WR_{DO} = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} * 100 \quad (1)$$

$$WL_{DO} = WC_0 - WC_{DO} * \left(1 - \frac{WR_{DO}}{100}\right) \quad (2)$$

$$SG_{DO} = TS_{DO} * \left(1 - \frac{WR_{DO}}{100}\right) - TS_0 \quad (3)$$

Donde:  $WR_{DO}$  = Pérdida de peso porcentual en la DO, %;  $m_i$  = Masa total de muestra sin tratar, g;  $m_f$  = Masa final de las muestras luego de la DO, g.

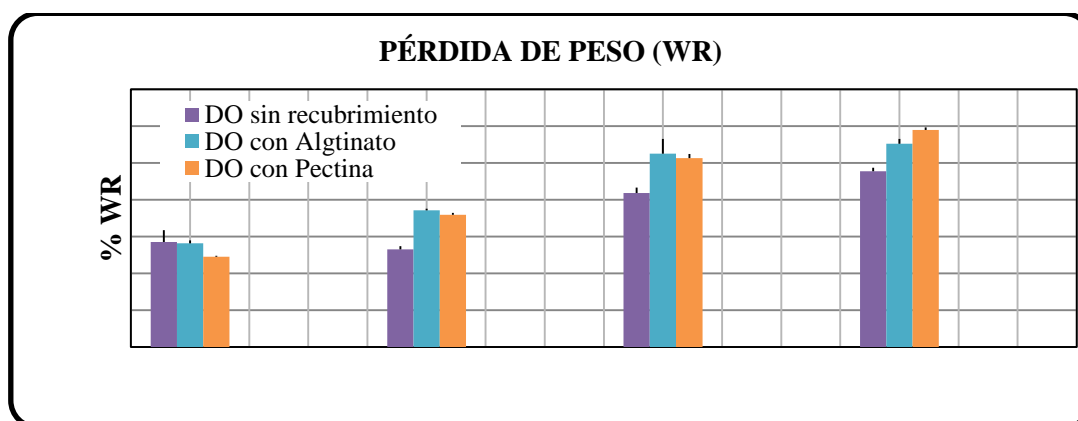
$WL_{DO}$  = Pérdida de agua, %;  $WC_0$  = Contenido de inicial humedad, g agua inicial / g muestra inicial %;  $WC_{DO}$  = Contenido de humedad después de la DO, 100 x g agua / g muestra tratada, %.

$SG_{DO}$  = Ganancia de Sólidos, %;  $TS_0$  = Contenido de Sólidos totales iniciales, 100 x g sólidos inicial / g muestra inicial, % = 100 –  $WC_0$ ;  $TS_{DO}$  = Contenido de Sólidos totales después de la DO, 100 x g sólidos / g muestra tratada, %.

El análisis estadístico se realizó con el software STATGRAPHICS PLUS 5.1, aplicando test ANOVA y contraste de Múltiple Rangos para ver las diferencias entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95%.

#### 4. Resultados

A partir de los ensayos de deshidratación osmótica se observaron los efectos de los tratamientos aplicados y de los recubrimientos utilizados. En primer lugar los tratamientos tuvieron un efecto sinérgico en cuanto a la pérdida de peso de las muestras sin recubrir, cuanto mayor fue la concentración y la temperatura aplicada mayor fue la pérdida de peso, como podemos observar en la Figura 1. También, se observa que el efecto de los recubrimientos con respecto a la pérdida de peso fue mayor para los tratamientos realizados con la mayor concentración (60°Brix).



**FIGURA 1.** Pérdida de peso de los diferentes tratamientos. Comparación entre las muestras sin recubrir y con la aplicación de los recubrimientos de Alginato y Pectina.

La Tabla 1 muestra los diferentes valores de WL y SG obtenidos para los distintos tratamientos y recubrimientos. Se observa que para la DO 40 °Br y 20°C, la aplicación de los recubrimientos no presentó diferencias significativas con respecto a las muestras sin recubrir, lo mismo sucedió en la DO 60 °Br y 20°C, pero solo con respecto a la WL. Para el resto de los tratamientos se presentaron diferencias significativas entre las muestras sin recubrir y las recubiertas en cuanto a WL y SG, lo que demuestra el

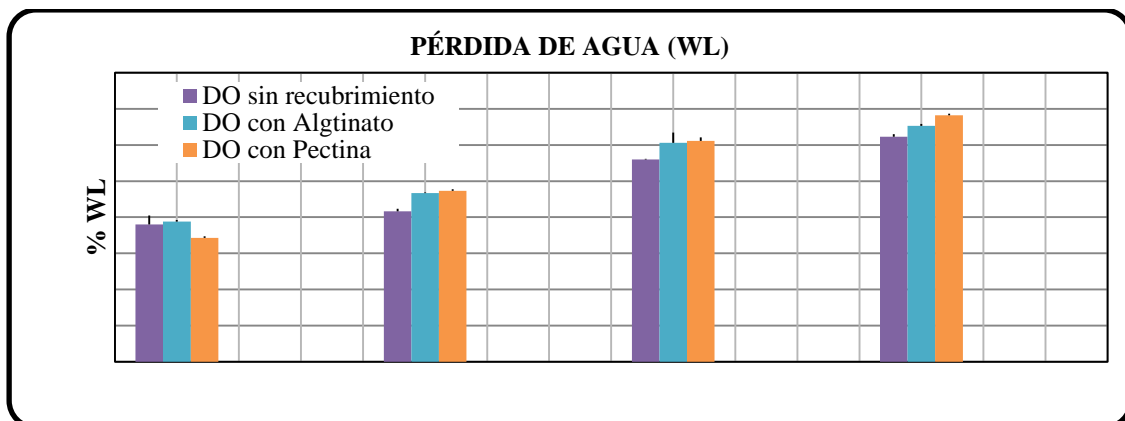
impacto de los recubrimientos en los tratamientos más intensivos. La mayor diferencia se presenta en los tratamientos de mayor temperatura, lo que podría marcar una fuerte influencia de esta en el comportamiento de los recubrimientos, asociado al aumento significativo de la difusividad efectiva del agua (Abraão et al., 2013).

**TABLA 1.** Comparación de los diferentes tratamientos en cuanto a WL y SG para los diferentes recubrimientos aplicados

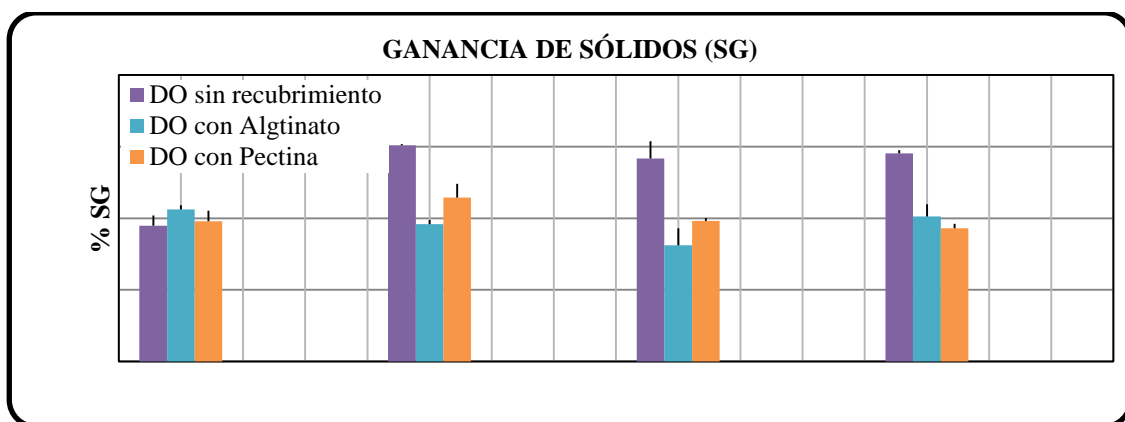
Tratamientos	Muestras	WL	SD	SG	SD
DO 40 °Br_20°C	Sin recubrimiento	38.00 <sup>a</sup>	2.47	9.47 <sup>a</sup>	0.72
	Alginato	38.77 <sup>a</sup>	0.48	10.62 <sup>a</sup>	0.27
	Pectina	34.28 <sup>a</sup>	0.43	9.79 <sup>a</sup>	0.73
DO 40 °Br_40°C	Sin recubrimiento	41.60 <sup>a</sup>	0.73	15.10 <sup>a</sup>	0.08
	Alginato	46.71 <sup>b</sup>	0.16	9.59 <sup>b</sup>	0.28
	Pectina	47.31 <sup>b</sup>	0.42	11.45 <sup>c</sup>	0.96
DO 60 °Br_20°C	Sin recubrimiento	55.98 <sup>a</sup>	0.20	14.16 <sup>a</sup>	1.22
	Alginato	60.58 <sup>a</sup>	2.83	8.12 <sup>b</sup>	1.17
	Pectina	61.09 <sup>a</sup>	0.98	9.82 <sup>b</sup>	0.19
DO 60 °Br_40°C	Sin recubrimiento	62.28 <sup>a</sup>	0.68	14.53 <sup>a</sup>	0.23
	Alginato	65.30 <sup>b</sup>	0.53	10.13 <sup>b</sup>	0.84
	Pectina	68.24 <sup>c</sup>	0.36	9.29 <sup>b</sup>	0.32

Valores medios y desviación estándar (SD). a, b, c Letras diferentes en la misma columna y fila del tratamiento implica diferencias significativas del 95% de nivel de confianza debidas a la aplicación del recubrimiento.

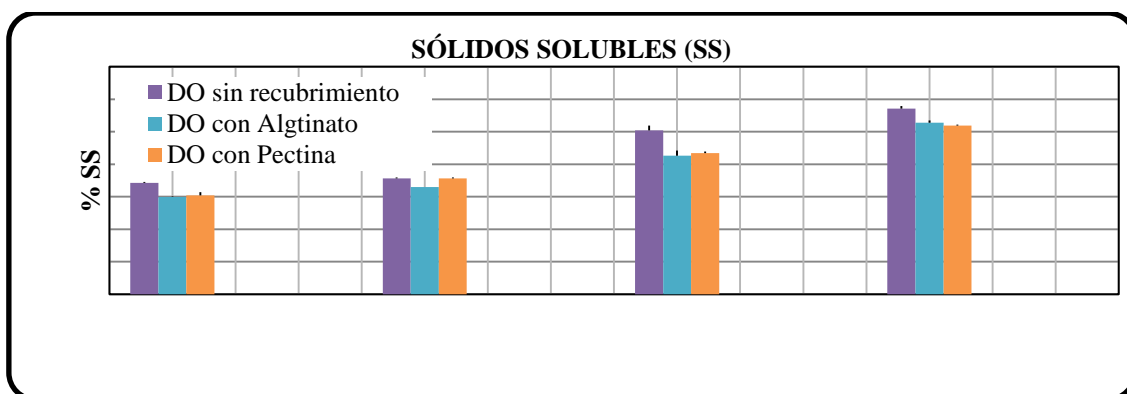
La WR presenta relación con la WL durante los diferentes tratamientos, incluso en aquellas muestras recubiertas con los hidrocoloides. Se pudo observar que a medida que la WL fue mayor, se incrementó la WR. Ambas alcanzaron su mayor valor para el caso de DO a 60 °Br y 40 °C con aplicación de Pectina como recubrimiento como se muestra en las Figuras 1 y 2. En cuanto a los recubrimientos, la SG fue menor en comparación a las muestras sin recubrir, excepto en la DO 40 °Br y 20°C donde los mismos no presentaron diferencias significativas con respecto a las muestras sin recubrir, tal como se muestra en la Tabla 1 y se observa en la Figura 3. Estos resultados se encuentra en concordancia con otros autores (Jalaei et al., 2011; Lazarides et al., 2007; Khin et al., 2006). En el caso particular de la Pectina, se demostró una menor SG para las condiciones DO 60 °Br y 40°C. Los resultados obtenidos mostraron un fuerte efecto del aumento de la concentración de la solución hipertónica sobre WL, SG y SS; a partir de las Figuras 2 y 4 se puede observar que WL y SS aumentaron considerablemente cuando se utilizó la solución de concentración 60 °Brix.



**FIGURA 2.** Pérdida de agua de los diferentes tratamientos



**FIGURA 3.** Ganancia de sólidos de los diferentes tratamientos



**FIGURA 4.** Sólidos Solubles de los diferentes tratamientos

## 5. Conclusiones

Los recubrimientos utilizados disminuyeron significativamente la captación de sólidos, sin afectar negativamente a la eliminación del agua en comparación a las muestras no revestidas, salvo para los tratamientos a baja temperatura, donde no se observaron diferencias significativas. Además, el revestimiento de pectina actuó como barrera efectiva para evitar la captación de soluto en el tratamiento osmótico mas intensivo.

## 6. Bibliografía

Abraão, A.; Lemos, A.; Vilela, A.; Sousa, J.; Nunes, F (2013). Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins, *Food and Bioproducts Processing*, 91: 481–494.

AOAC International (1980). *Official method of analysis* (13th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Galus, S.; Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 115: 459–465.

Jalaei, F.; Fazeli, A.; Fatemian, H.; Tavakolipour, H. (2011). Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Food and Bioproducts processing*, 89: 367–374.

Khin, M.; Zhou, W.; Yeo, S. (2007). Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*, 81: 514–522.

Khin, M.; Zhou, W.; Perera, C. (2006). A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77: 84–95.

Lazarides, H.; Mitrakas, G.; Matsos, K. (2007). Edible coating and counter-current product/solution contacting: A novel approach to monitoring solids uptake during osmotic dehydration of a model food system. *Journal of Food Engineering*, 82: 171–177.

López, O.; García, M.; Zaritzky, N. (2010). Novel sources of edible films and coatings. *Stewart Postharvest Review*, 3:3.

Matuska, M.; Lenart, A.; Lazarides, H. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72: 85–91.

Mittrakas, G.; Koutsoumanis, K.; Lazarides, H. (2008). Impact of edible coating with or without anti-microbial agent on microbial growth during osmotic dehydration and refrigerated storage of a model plant material. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 550–555.

Talens, P.; Pérez-Masía, R.; Fabra, M.; Vargas, M.; Chiralt, A. (2012). Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit–cereal products. *Journal of Food Engineering*, 112: 86–93.

## 03TCA - EFECTO DE LA DESHIDRATACION SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EL COLOR SUPERFICIAL DE *Pleurotus ostreatus*

CARRIÓN M. E.<sup>1</sup>; VALIENTE, L. E.<sup>1</sup>; OHACO E. H.<sup>1</sup>; DE MICHELIS A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Comahue - FATA- 25 de Mayo y Reconquista- (8336) Villa Regina, Río Negro, Argentina. [ohacoelizabeth@hotmail.com](mailto:ohacoelizabeth@hotmail.com)

<sup>2</sup> CONICET-INTA AER El Bolsón.

Autores: Ohaco y De Michelis son miembros del CONICET.

### Resumen

El cultivo de hongos comestibles es una industria biotecnológica en continuo proceso de expansión y que, poco a poco, ha ido cobrando mayor importancia en el ámbito económico de muchos países. Comúnmente conocidas como gírgolas, son apreciadas, no solo por su textura y flavor sino también por sus propiedades terapéuticas. En este trabajo se estudió la influencia de la deshidratación sobre la composición química y el color superficial de *Pleurotus ostreatus* congelados. El secado se efectuó en un equipo experimental bajo las siguientes condiciones del aire de secado: velocidad de 2 m/s, humedad relativa del 5% y temperatura de 60°C. Se realizó la caracterización según técnicas de AOAC. La determinación del contenido de fenoles totales se realizó según el método de Folin-Ciocalteu, flavonoides por el método de formación de complejo con AlCl<sub>3</sub>, poder antirradicalario con 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH). Se midió color superficial con un colorímetro Minolta CR 400. El color superficial de las gírgolas varía levemente hacia los marrones luego del secado, debido a reacciones de pardeamiento por exposición a altas temperaturas. Se pudo observar un marcado descenso del contenido de flavonoides (80%) y un importante aumento de fenoles totales (100%) en el producto deshidratado respecto del fresco. En este caso el aumento en fenoles totales compensa la degradación de flavonoides, manteniéndose estable la capacidad antioxidante de *Pleurotus ostreatus* durante el proceso de secado a 60°C. Se puede concluir que el *Pleurotus ostreatus* presenta una estabilidad adecuada durante el proceso de secado con aire caliente, ya que la mayor parte de los compuestos fitoquímicos, el poder antirradicalario y el color no son fuertemente afectados. Esto permite aumentar el uso del producto fuera de estación.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, deshidratación, polifenoles, flavonoides

### 1. Introducción

El cultivo de hongos comestibles es una industria biotecnológica en continuo proceso de expansión y que, poco a poco, ha ido cobrando mayor importancia en el ámbito económico de muchos países. En lo que se refiere al género *Pleurotus*, tiene la capacidad de crecer en un amplio intervalo de temperatura y puede utilizar como sustrato diversos materiales ricos en lignina y celulosa. Comúnmente conocidas como gírgolas, son apreciadas, no solo por su textura y flavor sino también por sus propiedades terapéuticas (Elmastas *et al.*, 2007). Estas características funcionales son principalmente debido a su composición química (Manzi *et al.*, 1999). Contienen agua, sales minerales, fibra, vitaminas y enzimas, incluyendo polifenoloxidasas, que son responsables del pardeamiento del producto (Martínez-Soto *et al.*, 2001). Los

polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que poseen en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas; se encuentran en muchas plantas, algunas de uso común y por sus propiedades antioxidantes merecen mayor atención (Naczk y Shahidi, 2004). Los fenoles, especialmente los flavonoides y los antocianos, muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas (Kahkonen *et al.*, 1999). Poseen actividades antiinflamatoria, antialérgica, antitrombótica, antimicrobiana y antineoplásica. Además de secuestrar radicales libres, quelar iones metálicos e inhibir oxidasas, los flavonoides son capaces de aumentar la disponibilidad de antioxidantes endógenos, así como la actividad de enzimas antioxidantes (Mattila y Hellstrom, 2007). En las últimas décadas se han desarrollado estudios e investigaciones que señalan la asociación a nivel epidemiológico entre el bajo consumo de fibra dietaria (FD) y la alta incidencia de enfermedades crónicas, tales como constipación, hemorroides, diverticulosis, cáncer de colon, diabetes, obesidad, enfermedad cardiovascular. En la actualidad los estudios se han enfocado en los efectos de la fermentación de la FD en el colon (Vega, 2012). Asimismo, el color de los alimentos es uno de los atributos más importantes para su comercialización, ya que provoca la aceptación o el rechazo del consumidor, es por esto que se emplea como parámetro de calidad del producto final (Ohaco Domínguez, 2013). Sin embargo, en vista de su elevado contenido de humedad y corta vida útil, la producción de hongos a escala comercial es una tarea difícil. La aplicación de las mejores técnicas post-cosecha para prolongar la vida útil y mantener la calidad de los hongos, juega un rol importante al momento de su comercialización (Elmastas *et al.*, 2007). La especie *Pleurotus ostreatus* cuenta con un importante desarrollo en varias zonas del país, y particularmente en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén, dado que las condiciones agroecológicas de esta región favorecen la obtención de productos de características organolépticas particulares, sin residuos químicos, agentes patógenos y sustancias contaminantes. En esta zona el hongo gírgola se cultiva mayoritariamente sobre troncos de álamos, aunque ya comenzaron a establecerse emprendimientos para producirlos sobre sustrato. Su producción es por ello marcadamente estacional, concentrándose en los meses de marzo, abril y mayo (De Michelis *et al.*, 2009). Es por esto que resulta importante procesar materia prima para estar presente en el mercado todo el año. Dentro de las posibilidades de procesar materia lo más importante, sin duda, es evaluar la estabilidad del hongo durante el proceso de secado (Martínez-Soto *et al.*, 2001). Los objetivos de este trabajo son i) caracterizar *Pleurotus ostreatus* cultivados en tronco en el Alto valle de Río Negro y Neuquén y ii) evaluar la influencia del secado sobre la composición y el color superficial de este hongo comestible.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materia prima**

Se utilizaron fructificaciones de *Pleurotus ostreatus* (gírgolas) cosechadas en el alto valle de Río Negro y Neuquén. Las muestras fueron congeladas a -18°C hasta el momento de la deshidratación.

## **2.2. Contenido de Humedad**

La muestra se colocó en estufa de vacío a una temperatura de 60°C, con un vacío de 750 mm Hg hasta peso constante. Se trabajó por triplicado.

## **2.3. Sólidos Solubles Refractométricos**

Según el método de la AOAC 932-12, utilizando un refractómetro ABBE, marca Atago tipo 1 (Atago Co, Japón).

## **2.4. pH**

Según el método de la AOAC 981-12. Se trabajó por triplicado.

## **2.5. Acidez**

Una dilución adecuada de la muestra (10 g de muestra en 60 ml de agua destilada) fue titulada con solución 0,1 N de NaOH hasta pH= 8,1, utilizando un analizador de iones marca Orion. Se trabajó por triplicado.

## **2.6. Fibra dietaria total (FDT)**

Se utilizó un método enzimático-gravimétrico. El procedimiento aplicado para la determinación de FDT está basado en el método AOAC 991.43 y el método AACC 32-07. (Manual Megazyme, 2011)

## **2.7. Color superficial**

El color superficial de las muestras se determinó con un fotocolorímetro Minolta CR400, con los parámetros Cielab: L\* (luminosidad), a\* (grado de componente rojo o verde) y b\* (grado de componente amarillo o azul). Se calcularon los parámetros Cromo:  $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$  y hue:  $\arctan(b^*/a^*)$ .

## **2.8. Procedimiento de secado**

Los hongos se deshidrataron con flujo de aire caliente ascendente, perpendicular a la bandeja de secado, en un equipo experimental de secado de ciclo cerrado, con aire forzado, descrito en detalle por Ohaco Domínguez (2013), que permitía regular las variables operativas del aire de secado. Las condiciones del aire de secado fueron: temperatura de 60°C con una velocidad de 2 m/s y una humedad relativa del 5%. En la bandeja del equipo se colocaron rectángulos de 2 x 4 cm de gírgolas frescas previamente pesados y distribuidos en monocapa. El secado se realizó hasta peso constante, luego se colocó la muestra deshidratada en recipientes de vidrio cerrados herméticamente para que no fueran afectados por la humedad del ambiente. Los recipientes se almacenaron debidamente identificados en un freezer a -18°C hasta el momento de realizar la determinación. Se graficó el contenido de humedad relativo,  $X_r$  ( $x/x_0$ ) donde  $x$  es el contenido de humedad al tiempo  $t$  y  $x_0$  es el contenido de humedad inicial; en función del tiempo de secado ( $t$ );

## **2.9. Medida de las pérdidas de peso y del peso seco de las muestras**

Las pérdidas de peso de las muestras parcialmente deshidratadas se obtenían por pesada discontinua con una balanza analítica digital OHAUS (Ontario, Canadá, con una precisión:  $\pm 0,001$ g). El peso seco de cada muestra se determinó secándola hasta peso constante en una estufa de aire forzado a 102°C, con la balanza antes indicada.



### **2.10. Preparación de extractos de compuestos bioactivos**

Se pesaron aproximadamente 2 g de muestra fresca o seca, en el caso de las secas se hidrató con 5 ml de agua destilada por 30 minutos, se añadieron 10 ml de etanol al 70% y se colocó en un baño termostático agitado (Dubnoff) a 37°C durante 30 minutos. Se filtró mediante vacío y se realizaron 2 extracciones más, cada una con 10 ml del solvente. Finalmente se juntaron los volúmenes de las tres extracciones y se llevó a 50 ml con agua destilada. Cada muestra se preparó por duplicado y los extractos se mantuvieron congelados hasta el momento de las determinaciones.

### **2.11. Determinación de Fenoles Totales (FT)**

La concentración de fenoles totales se midió por el método descrito por Swain y Hillis (1959) con algunas modificaciones. Las lecturas de absorbancia fueron realizadas con un espectrofotómetro Metrolab 1700 a 765 nm, contra un estándar externo de Ácido Gálico (mg/l). Los resultados finales se expresaron como miligramos de Ácido Gálico Equivalente por cada 100 gramos de hongo fresco o seco, en base seca (mg GAE/100 g).

### **2.12. Determinación de Flavonoides (Fv)**

Se determinaron los flavonoides totales por el método de formación de complejo con  $\text{AlCl}_3$ , contra un estándar externo de catequina (mg/l). Los resultados finales se expresaron como miligramos de Catequina Equivalente por cada 100 gramos de hongo fresco o seco, en base seca (mg CE/100 g) (Zhishen *et al.*, 1999).

### **2.13. Poder Antirradical (PA)**

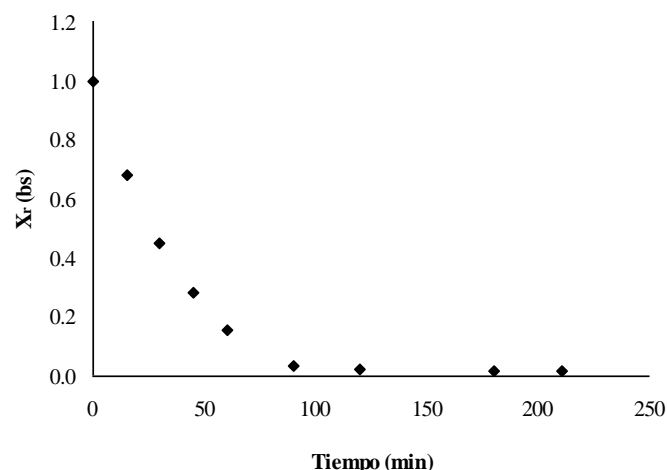
El poder antirradical fue analizado empleando el radical estable 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH) en metanol (Brand-Williams *et al.*, 1995). Se midió espectrofotométricamente el grado de decoloración de la solución. La cantidad de antioxidante presente en la matriz (mg de tejido en base seca) necesaria para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50% se denominó  $\text{EC}_{50}$  y para mayor simplicidad se definió el poder antirradical como  $1/\text{EC}_{50}$  ( $\text{mg}^{-1}$  de tejido fresco o seco, en base seca). Esto significa que a mayor poder antirradical, más efectivo es el tejido como antioxidante.

### **2.14. Análisis estadístico**

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA simple (Statistica 7.0), con un  $\alpha=0,05$ ; para determinar si existían diferencias significativas entre los valores promedio de las muestras frescas y deshidratadas.

## **3. Resultados y discusión**

En la Figura 1 se puede observar la variación del contenido relativo de humedad,  $X_r$ , en función del tiempo de secado a 60°C. El contenido de humedad de la muestra disminuye continuamente con el tiempo. El período de velocidad de secado constante no fue detectado, en efecto, sólo se detecta un período de velocidad de secado decreciente, por lo que se confirma que existe un control interno estricto de transferencia de masa, y que la difusión es el mecanismo que gobierna el movimiento de humedad en las fructificaciones de *Pleurotus ostreatus*. Resultados similares fueron obtenidos por numerosos investigadores en alimentos tales como kiwis (Simal *et al.*, 2005), manzanas (Doymaz, 2009), y *Pleurotus ostreatus* (Tulek, 2011).



**FIGURA 1.** Curva de secado a 60°C de *Pleurotus ostreatus*.

Los resultados obtenidos para la caracterización de las gírgolas frescas (F) y deshidratadas (D) a 60°C durante 2 h se presentan en la Tabla 1, con el correspondiente rango de variación de cada parámetro.

**TABLA 1.** Caracterización de gírgolas frescas (F) y deshidratadas (D) a 60°C

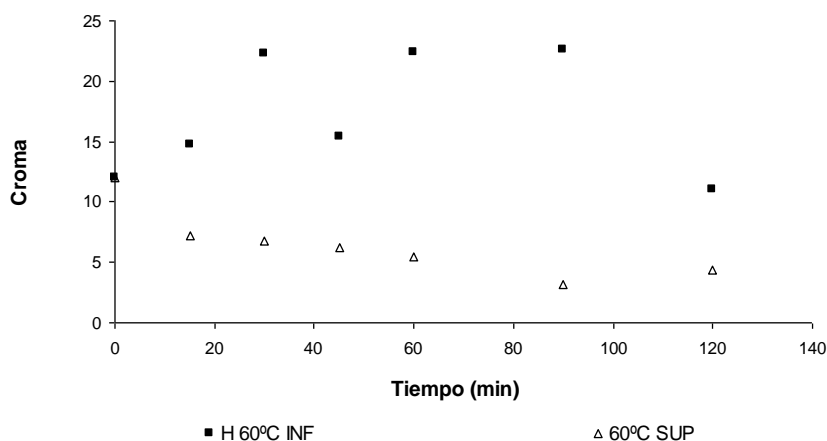
	F	D 60°C
<b>Contenido de Humedad % (bh)</b>	<b>92,3 ± 3,3</b>	<b>6,4 ± 0,6</b>
<b>Sólidos Solubles (°Bx)</b>	<b>3,5 ± 0,4</b>	---
<b>pH</b>	<b>6,5 ± 0,02</b>	---
<b>Acidez % (ác. cítrico)</b>	<b>0,08 ± 0,01</b>	---
<b>FDT % (bs)</b>	<b>39,09 ± 0,01 a</b>	<b>38,3 ± 0,02 a</b>
<b>Color superficial cara superior</b>		
Hunter L*	39,7 ± 1,2 a	40,34 ± 1,0 a
Hunter a*	3,45 ± 0,3 a	2,77 ± 0,4 a
Hunter b*	11,45 ± 1,0 a	3,42 ± 0,3 b
<b>Color superficial cara inferior</b>		
Hunter L*	56,66 ± 1,8 a	46,12 ± 1,5 b
Hunter a*	0,36 ± 0,02 a	5,31 ± 0,3 b
Hunter b*	19,52 ± 1,0 a	9,7 ± 0,5 b

<b>FT (mgGAE/100g bs)</b>	<b>483 ± 22 a</b>	<b>965 ± 10 b</b>
<b>Fv (mgCE/100g bs)</b>	<b>841 ± 52 a</b>	<b>160 ± 23 b</b>
<b>PA (mg<sup>-1</sup> bs)</b>	<b>105 ± 6 a</b>	<b>76 ± 1 b</b>

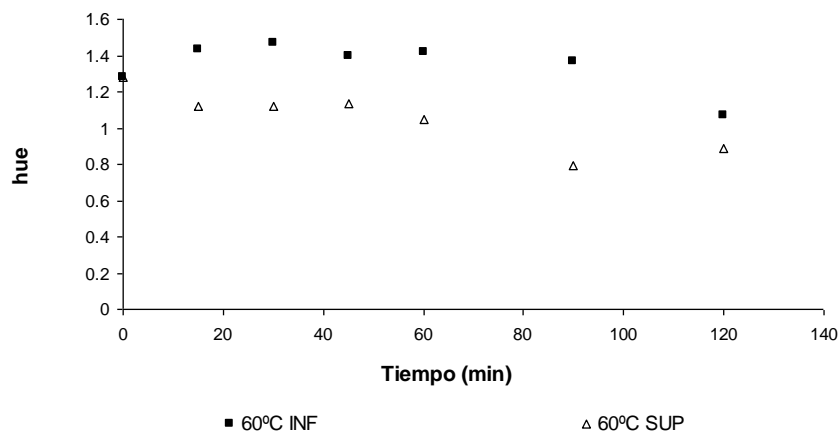
Letras iguales en la misma fila indican que no hay diferencias significativas ( $p>0,05$ )

No existen diferencias significativas en el contenido de FDT entre la muestra fresca y deshidratada. El resultado obtenido en cuanto a FDT es similar al de otro análisis realizado por el Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), en hongos de la misma región y cultivados también en tronco de álamo (De Michelis *et al.*, 2009). En la muestra deshidratada se observa que el contenido de flavonoides disminuye significativamente (80%) luego de 2 h de secado a 60°C, mientras que hay un aumento importante del contenido de fenoles totales (100%), el cual puede estar relacionado con productos que se desprenden o generan por acción del calor. Choi *et al.* (2006) sugieren que el calor puede generar cambios en la extractabilidad de fenoles debido a la ruptura de la estructura celular. Murakami *et al.* (2004), demostraron que los compuestos polifenólicos son más estables en alimentos procesados y cocidos que en la matriz original, como consecuencia de la mayor actividad antirradical de los productos de descomposición.

En las Figuras 2 y 3 se observa la evolución de los parámetros de color croma ( $C^*$ ) y hue (h) en la cara superior (SUP) e inferior (INF) de hongos deshidratados 60°C.



**FIGURA 2.** Evolución del parámetro Croma en función del tiempo. INF: cara inferior; SUP: cara superior.



**FIGURA 3.** Evolución del parámetro hue en función del tiempo. INF: cara inferior; SUP: cara superior.

En la cara inferior se observa el aumento de  $C^*$  a medida que avanza el tiempo de secado, esto significa que el color se intensifica, probablemente por la aparición de productos de la reacción de Maillard debido a la exposición a altas temperaturas. Por otro lado, en la cara superior existe una disminución de  $C^*$  y posterior estabilización a las 2 h de secado, que indica una disminución en la vividez del color. El h (tono) que define un color cromáticamente, presenta una disminución de 0,4 unidades luego de 2 h de secado, en ambas caras del producto. Esto indica la tendencia hacia los tonos amarillo anaranjados en el producto deshidratado.

#### 4. Conclusiones

Es bien conocido que los componentes naturales (nutrientes o no nutrientes) pueden perderse significativamente por el tratamiento térmico debido a que la mayoría de los compuestos bioactivos son inestables al calor. En este caso el aumento en fenoles totales compensa la degradación de flavonoides, manteniéndose estable la capacidad antioxidante de *Pleurotus ostreatus* durante el proceso de secado. Se concluye que el *Pleurotus ostreatus* presenta una estabilidad adecuada durante el proceso de secado con aire caliente, permitiendo aumentar el uso del producto fuera de estación.

#### Bibliografía

- AOAC (Association Of Official Analytical Chemists). 1990. Edic. 15<sup>va</sup>.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Tech.*, 28 (1): 25-30.
- Choi, Y.; Lee, S. M.; Chun, J.; Lee, H. B.; Lee, J. (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, 99: 381-387.
- De Michelis, A.; Rusalén, R.; Vullioud, M. (2009) Experiencias en el manejo de *Pleurotus ostreatus* (hongo de cultivo) para conservas. *Revista Presencia* N° 54.
- Doymaz I. 2009. An experimental study on drying of green apples. *Drying Technology*. 27, 478-485.
- Elmastas, M.; Isildak, O.; Turkekul, I.; Temur, N. (2007). Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 337-345.
- Kahkonen, M.; Hopia, A.; Vuorela, H. J.; Rauha, J. P.; Pihlaja, K.; Kujala, T. S.; Manual Megazyme (2011) "Total dietary fibre" Assay procedure, K-TDFR.
- Manzi, P.; Marconi, S.; Aguzzi, A.; Pizzoferrato, L. (2004). Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*, 84: 201-206.
- Martinez-Soto, G.; Ocaña-Camacho, R.; Paredes-López, O. (2001). Effect of pretreatment and drying on the quality of Oyster mushrooms (*P. ostreatus*). *Drying Tech.*, 19 (3 y 4): 661-672.
- Mattila, P.; Hellstrom, J. (2007) Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 152-160.
- Murakami, M.; Yamaguchi, T.; Takamura, H. (2004). Effects of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. *J. of Food Science*, 69: 7-10.
- Naczki, M.; Shahidi, F. (2004) Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography*, 1054: 95-111.
- Ohaco Domínguez, E. H. (2013). Secado convectivo de frutos de rosa mosqueta. Modelos del producto para optimizar equipos de secado. Editorial EAE de AV

Akademikerverlag GmbH and Co. KG. Saarbrücken – Alemania. ISBN N° 978-3-659-06919-2. Pág. 259.

Simal, S.; Femenia, A.; Garcel, J.A.; Roselló, C. 2005a. Mathematical modelling of the drying curves of kiwifruits: influence of the ripening stage. J. Sci. Food Agric. 85: 425-432.

Swain, T.; Hillis, W. (1959) The phen. Constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal Sci. Food Agric., 10: 63-68.

Tulek, Y. (2011). Drying kinetics of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in a convective hot air dryer. J. Agr. Sci. Tech. 13: 655-664

Vega, G. 2012. Alimentos funcionales: Saludables, dinámicos y prometedores. Énfasis alimentación, Año XXVIII, N° 9.

Zhishen J., Mengcheng T., Jiaming W. (1999). The determination of flavonoid content in mulberry and their effects on super radicals. Food Chemistry, 64: 555-559.

## **04TCA - GELES DE CASEINATO DE SODIO Y ACEITE DE GIRASOL COMO ALTERNATIVA A LAS GRASAS TRANS**

**MONTES DE OCA ÁVALOS, J. M.<sup>1</sup>; CANDAL, R. J.<sup>1,2</sup>; HERRERA, M. L.<sup>3</sup>**

**1. Instituto de Química Inorgánica, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), (CONICET y Universidad de Buenos Aires). Ciudad Universitaria, Pabellón 2, Piso 3- (C1428EHA) Buenos Aires, Argentina.**

**2. Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia- (1650) San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**3. ITPN (CONICET y Universidad de Buenos Aires). Las Heras 2214- (C1127AAQ) Buenos Aires, Argentina. E-mail: [mlidiaherrera@gmail.com](mailto:mlidiaherrera@gmail.com)**

### **1. Resumen**

El objetivo del siguiente trabajo fue estudiar el efecto de la composición de la emulsión en los tiempos de gelificación medidos por dos métodos diferentes y describir las propiedades reológicas de los geles formados en distintas condiciones experimentales. Se prepararon emulsiones conteniendo en todos los casos 10% p/p de aceite de girasol, 2,0, 5,0 o 7,5 % p/p de caseinato de sodio y 0, 5, 10, 15, 20 o 30% p/p de sacarosa. El agregado de sacarosa en la formulación de la emulsión mejoró el aspecto del gel formado y sus propiedades mecánicas. Los geles con sacarosa presentaron superficies lisas sin rajaduras. Para obtener un gel estructurado y estable se formuló la emulsión de partida con un valor de concentración de disacárido de compromiso, a fin de evitar la sinéresis y la coalescencia de las gotas de aceite. De acuerdo con nuestros resultados, las concentraciones óptimas para el gel serían 15% de sacarosa y 5% de caseinato de sodio.

### **2. Introducción**

En noviembre de 2013, la FDA anunció su intención de declarar a los hidrogenados vegetales, la fuente principal de ácidos grasos *trans* en los alimentos, como no pertenecientes a la categoría GRAS (generalmente reconocidos como seguros). Esta decisión que en breve podría tomar la FDA implica que no se podrán emplear más hidrogenados vegetales en la formulación de alimentos. Como ocurrió con la regla de 2006, esta nueva normativa podría ser adoptada por todos los países. Todas estas normas han impulsado a la industria de alimentos a reformular sus productos. Se han empleado distintas estrategias para eliminar las grasas *trans* de los alimentos que han aportado en mayor o menor grado una solución a este problema (Kodali, 2005). La preparación de geles a partir de emulsiones de proteínas es una estrategia que tiene la ventaja de permitir la elaboración de alimentos sólidos que contengan lípidos saludables (e incluso con beneficios específicos para la salud como evitar cánceres) provenientes de aceites vegetales o de pescado en cantidades deseables para mantener una buena salud y que no contengan ácidos grasos saturados o *trans* (Marangoni y Garti, 2011).

Un hidrogel es un gel en el que la fase líquida continua es agua. Hay acuerdo entre los distintos autores que un gel debe exhibir dos características: 1) tener una estructura microscópica continua con dimensiones macroscópicas que permanecen al menos durante el tiempo que dura un experimento analítico y 2) a pesar de estar formado mayoritariamente por líquido se comporta como un sólido durante experimentos reológicos (Marangoni y Garti, 2011). Un hidrogel que contiene aceite como fase discontinua se puede obtener por desestabilización controlada de una emulsión. Se ha

estudiado previamente el efecto de la temperatura (Chen y Dickinson, 2000) y del agregado de azúcar (Dickinson y Merino, 2002; Dickinson, 2006; Gaygadzhiev et al., 2009) en la gelificación de emulsiones de hexadecano estabilizadas con caseinato de sodio. En este trabajo se presenta una nueva aplicación del Turbiscan y una descripción del proceso de gelificación de emulsiones formuladas con aceite de girasol.

### **3. Objetivos**

El objetivo de este trabajo fue relacionar el efecto de la concentración de sacarosa y caseinato de sodio sobre los tiempos de gelificación y las características de los geles formados a partir de emulsiones conteniendo aceite de girasol (SFO). Para formar el gel se utilizó glucono- $\delta$ -lactona como agente acidificante. Se estudió la cinética de gelificación empleando un reómetro dinámico y un analizador de estabilidad de emulsiones y coloides. Los geles se analizaron siguiendo la variación de los módulos elástico y viscoso en el tiempo.

### **4. Metodología**

#### **4.1 Preparación de la emulsión**

Se prepararon las muestras conteniendo un porcentaje fijo de SFO de 10% en peso. La fase acuosa consistió en una solución de CAS y SA en proporciones variables. Se prepararon dos series:

- i) Manteniendo constante la concentración de CAS en 5% en peso, se varió la concentración de SA: 0, 5, 10, 15, 20 y 30% en peso.
- ii) Manteniendo constante la concentración de SA en 20% en peso, se varió la concentración de CAS: 2, 5 y 7,5% en peso.

Ambas fases se mezclaron con un homogenizador de altas revoluciones Ultra-Turrax T18 (IKA Labortechnik, Janke&Kunkel, GmbH & Co., Staufen, Germany) a 24 000 rpm en 3 ciclos de 1 min. Luego, las muestras fueron sometidas a una segunda homogenización por acción del ultrasonido a 30% de potencia durante 20 min, en un baño termostatzado a 15°C.

#### **4.2 Proceso de gelificación**

Como agente acidificante se empleó la glucono- $\delta$ -lactona (GDL) que, a través de un proceso de hidrólisis, acidifica el medio de forma controlada y progresiva.

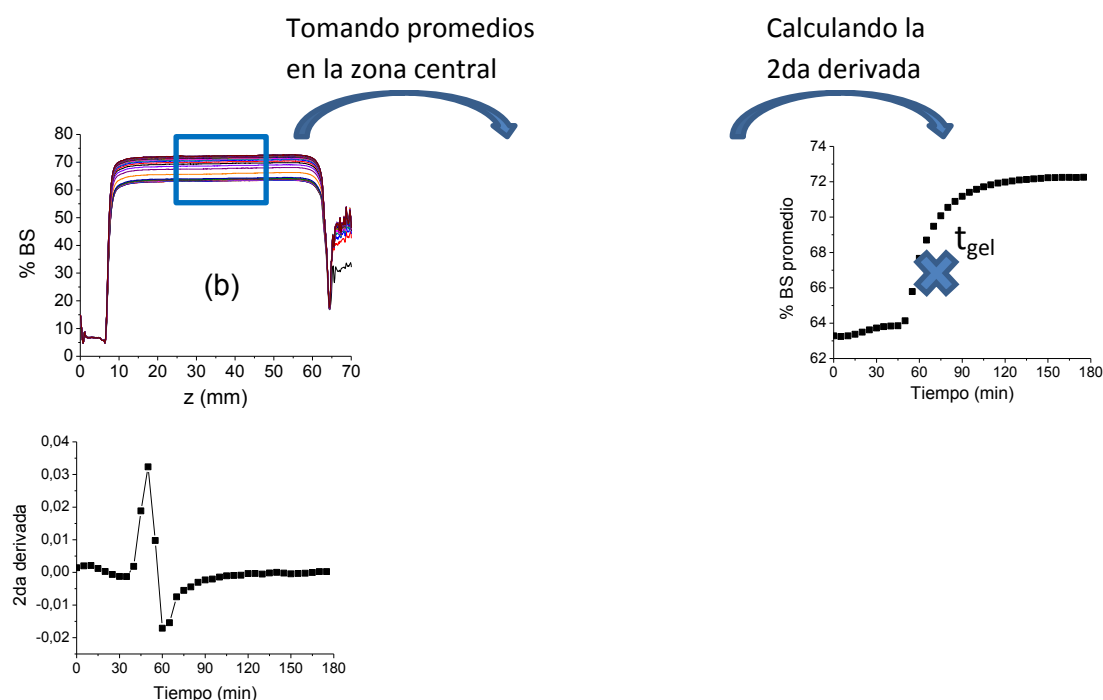
Para el proceso de gelificación, se ensayaron dos concentraciones de GDL como agente acidificante: CAS/GDL 5/1 y 5/2, denominadas HA1 y HA2, respectivamente. Se pesó la cantidad adecuada de GDL en un tubo de ensayo y se le agregó 10g de la muestra. Se homogenizó el sistema en un vortex hasta la disolución total de la lactona.

#### **4.3 Tiempos de gelificación ( $t_{gel}$ )**

Los tiempos de gelificación se determinaron a partir de los datos obtenidos por reología y retrodispersión. Por reología, utilizando un reómetro oscilatorio, se midieron los módulos  $G'$  (elástico) y  $G''$  (viscoso) en intervalos de 10 min luego del agregado de GDL a las emulsiones. El tiempo de gelificación se calculó como el tiempo en el cual  $G' = G''$ . Por otro lado, utilizando un analizador de estabilidad Turbiscan, se midió el porcentaje de retrodispersión (%BS) como función de la altura del tubo de ensayo (cada 40  $\mu$ m) en intervalos de 10 min luego del agregado de GDL. Se seleccionó la región central del tubo, entre los 2,5 – 4,5 cm y se calculó el promedio del %BS. El tiempo de gelificación se calculó como el punto de inflexión, a partir de la segunda derivada, de la gráfica del promedio de %BS vs tiempo.

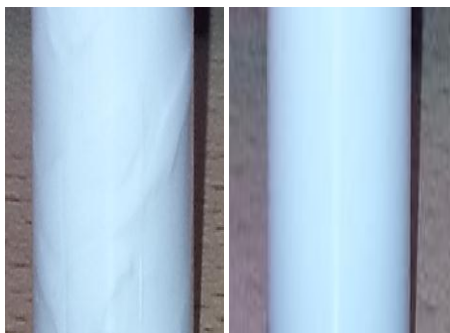
## 5. Resultados

En la Figura 1 se presenta la dependencia del porcentaje de retrodispersión como función de la altura del tubo ( $z$ ) a distintos tiempos durante el proceso de gelificación para la muestra que contiene CAS 5%, SA 20%, SFO 10% relación 5/1 CAS/GDL (HA1). Los perfiles se mueven paralelamente y aumentan el %BS con el tiempo. Esto muestra el proceso de agregación de CAS conforme baja el pH, debido a la hidrólisis de GDL. Una disminución del pH trae consigo una disminución de la carga superficial de la proteína, que inicialmente se encontraba cargada negativamente (punto isoeléctrico = 4,6), lo que induce la formación de agregados cada vez mayores a medida que el pH se acerca al punto isoeléctrico.



**Figura 1.** Proceso de gelificación seguido a través del equipo Turbiscan. La muestra analizada corresponde al sistema que contiene SFO 10%, CAS 5% y SA 20% en peso y relación 5/1 CAS/GDL (HA1). Se muestran esquemáticamente los cálculos realizados para obtener el tiempo de gelificación ( $t_{gel}$ ).

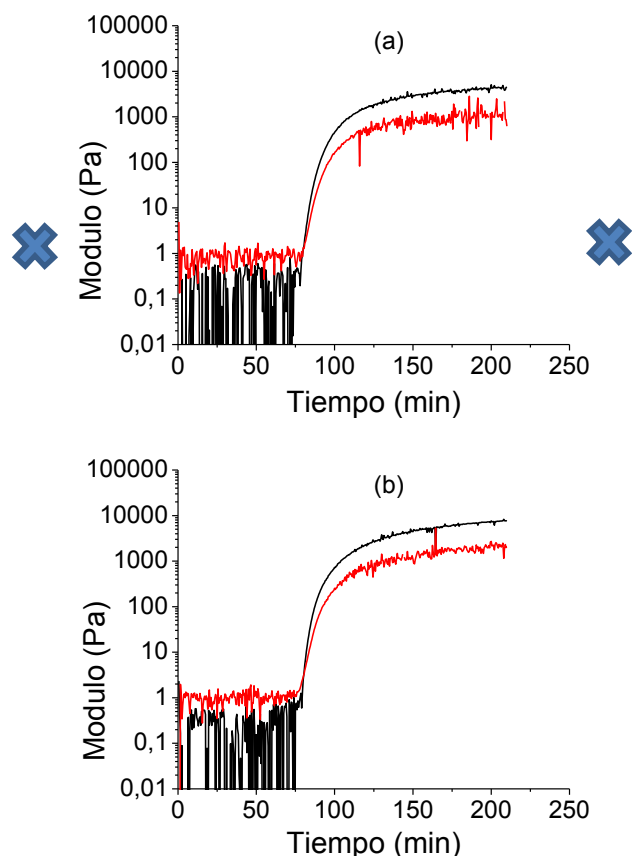
El agregado de sacarosa (SA) mejoró las propiedades texturales de los geles formados. Cuando su concentración en las formulaciones fue baja (<10%), los geles presentaron rajaduras, tal como se muestra en la Figura 2. Estos geles exudaron una cantidad de agua importante. Los geles con concentraciones de SA mayores a 10% presentaron menos sinéresis pero exudaron aceite. La concentración más estable fue 15% de SA.





**Figura 2.** Diferencias texturales entre los hidrogeles obtenidos por gelificación de los sistemas que contienen SFO 10%, CAS 5%, SA (a) 0% y (b) 20% en peso y relación 5/1 CAS/GDL (HA1).

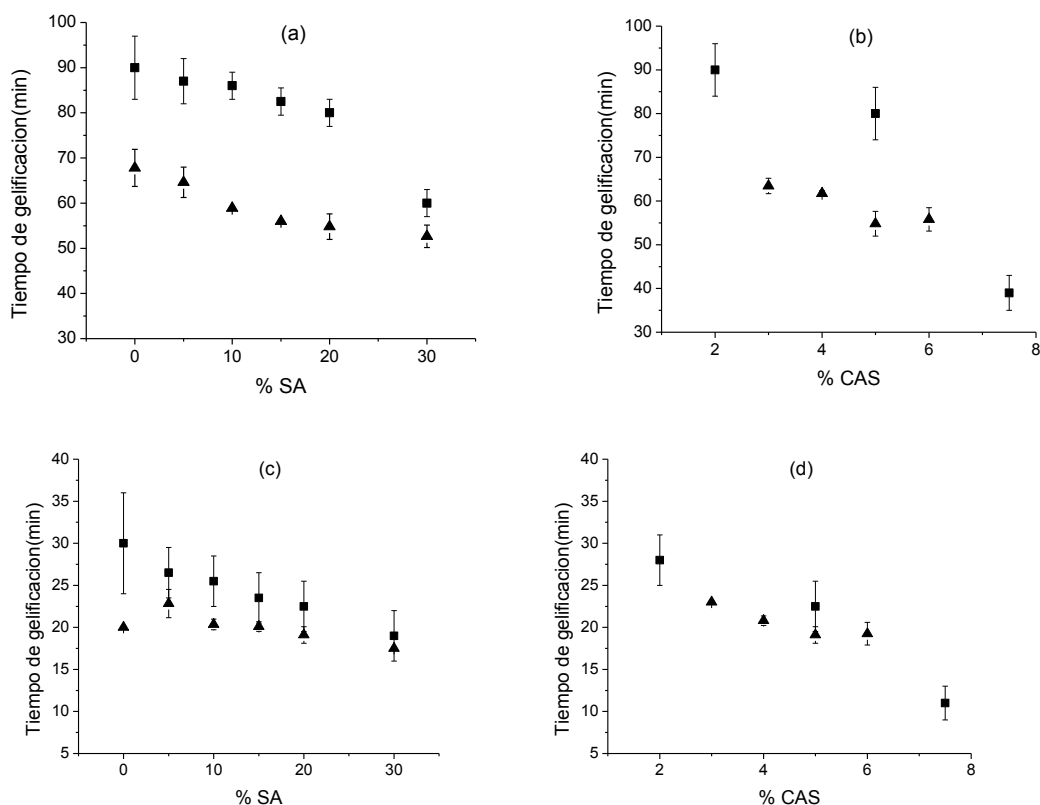
En la Figura 3 se presentan la dependencia de los módulos elástico ( $G'$ ) y viscoso ( $G''$ ) como función del tiempo durante el proceso de gelificación para la muestra que contiene CAS 5%, SA 20%, SFO 10% relación 5/1 CAS/GDL (HA1). El punto en el que  $G' = G''$  se consideró como el tiempo de gelificación ( $t_{gel}$ ).



**Figura 3.** Proceso de gelificación seguido por reología. Las muestras analizadas corresponden a los sistemas que contienen SFO 10%, CAS 5%, SA (a) 0 y (b) 20% en peso y relación 5/1 CAS/GDL (HA1). (—)  $G'$ , (—)  $G''$ .

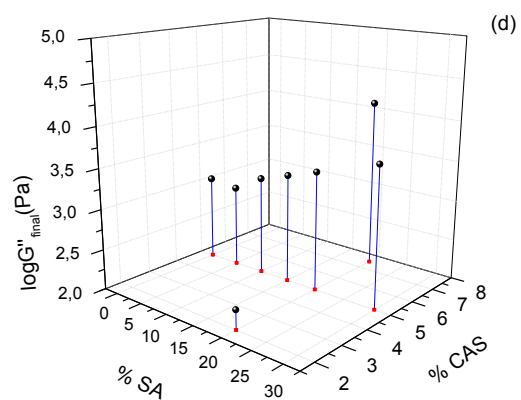
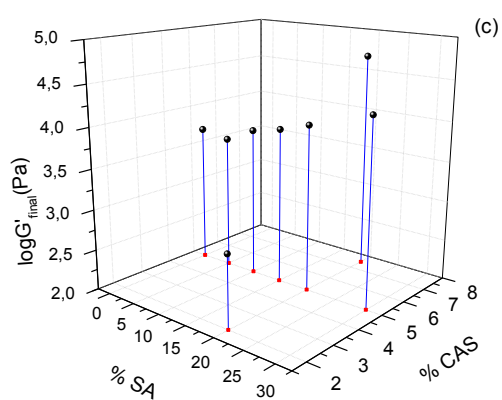
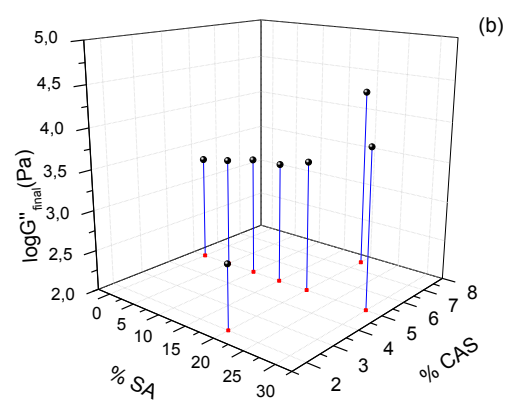
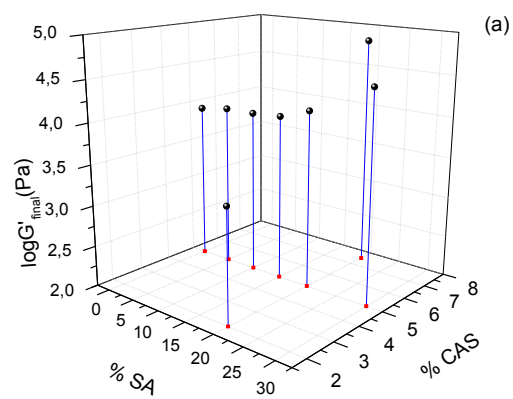
En la Figura 4 se muestran los valores de los tiempos de gelificación calculados a partir de medidas reológicas y por retrodispersión (%BS). Los valores hallados por ambos métodos mostraron tendencias similares: el  $t_{gel}$  disminuyó con el aumento de la concentración de SA en las muestras que contenían una concentración de CAS constante (5% en peso); así mismo, también se observó una disminución de  $t_{gel}$  con el aumento de la concentración de CAS a SA constante (20% en peso). A pesar de haberse encontrado las mismas tendencias, los valores de los tiempos de gelificación calculados por ambos métodos difirieron ya que ambos métodos evalúan diferentes propiedades: en los análisis reológicos se midió la transición del comportamiento viscoso al elástico siendo el tiempo en el que los módulos se igualan lo que marca el punto de gelificación. Esto se logra cuando la conectividad entre las unidades de proteína se encuentra en una

etapa avanzada, es decir, se han formado muchos agregados y estos han crecido hasta tener tamaños macroscópicos. En cambio, para los análisis por retrodispersión, conforme la proteína se va agregando, se producen dímeros, trímeros, etc, los cuales generan diferencias significativas en el perfil de las curvas. Con el Turbiscan, por lo tanto, se observan las primeras etapas del proceso de gelificación, y cuando los agregados alcanzan tamaños macroscópicos, se alcanza una meseta en el %BS y no se observan más cambios apreciables.



**Figura 4.** Tiempos de gelificación medidos a través de reología (■) y retrodispersión (▲) para las muestras (a) CAS 5%, SA 0-30%, SFO 10%, HA1; (b) CAS 2-7,5%, SA 20%, SFO 10%, HA1; (c) CAS 5%, SA 0-30%, SFO 10%, HA2; (d) CAS 2-7,5%, SA 20%, SFO 10%, HA2.

En la Figura 5 se muestra el valor de  $G'$  y  $G''$  extrapolado a  $t \rightarrow \infty$  ( $G'_{\text{final}}$ ). Los valores de los módulos aumentaron al aumentar la concentración de azúcar a CAS constante (5% en peso) y la concentración de CAS a SA constante (20% en peso). El aumento de  $G'$  con la concentración de CAS y de SA trae aparejado consigo un aumento en la rigidez del gel final formado.



**Figura 5.** Valores de  $G'$  y  $G''$  extrapolados a  $t \rightarrow \infty$ . (a) y (b) corresponden a las series HA1 y (c) y (d) a las series HA2.

## 6. Conclusiones

Los estudios realizados muestran que el TURBISCAN al igual que el método reológico más tradicional es también un método adecuado para estudiar la cinética de gelificación. Los mismos disminuyeron con el aumento de la concentración de caseinato de sodio y de sacarosa en las formulaciones. Las características texturales mejoraron con la concentración de azúcar y las propiedades mecánicas de los geles finales obtenidos fueron mejores en los procesos de gelificación más rápidos. La mejor formulación fue aquella que contenía una concentración de azúcar intermedia que evitó la sinéresis pero que formó una estructura que exudó menos aceite.

## 7. Bibliografía

- Chen, J.; Dickinson, E. (2000). On the temperature reversibility of the viscoelasticity of acid-induced sodium caseinate emulsion gels. *International Dairy Journal* 10: 541-549.
- Dickinson, E. (2006). Structure formation in casein-based gels, foams, and emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineers Aspects* 288: 3-11
- Dickinson, E.; Merino, L. (2002). Effect of sugars on the rheological properties of acid caseinate-stabilized emulsion gels. *Food Hydrocolloids* 16: 321-331.
- Gaygadzhiev, Z.; Alexander, M.; Corredig, M. (2009). Sodium caseinate-stabilized fat globules inhibition of the rennet-induced gelation of casein micelles studied by Diffusing Wave Spectroscopy. *Food Hydrocolloids* 23: 1134-1138
- Kodali, D.; List, G. (2005). *Trans fats alternatives*. (1st edition). Urbana, Illinois: AOCS Press. pp. 1-25
- Marangoni, A.; Garti, N. (2011). *Edible oleogels*. (1st edition). Urbana, Illinois: AOCS Press. pp. 1-18

## 05TCA - ESTUDIOS PRELIMINARES DE SAPONINAS EN FRUTOS DE MISTOL

**BARRIONUEVO, M. J.; DEL FRARI, G.; ROLDAN G.B.; HERRERA L.B.**

**Química Orgánica. Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. [mbarrionuevo@herrera.unt.edu.ar](mailto:mbarrionuevo@herrera.unt.edu.ar)**

### **Resumen**

En el presente trabajo se obtuvieron las saponinas del fruto completo del *Ziziphus mistol*, Griseb (mistol).

Los frutos completos se secaron a 60°C en estufa hasta peso constante, luego se procedió a la extracción continua en equipo soxhlet durante 8 horas con etanol al 96%. Posteriormente, el extracto se concentró y se resuspendió en agua destilada. La solución obtenida fue sometida a extracción líquida-líquida con solventes de polaridad creciente: cloroformo-acetato de etilo-butanol. El extracto butanólico se concentró. Este extracto se analizó en TLC y en una columna cromatográfica, comparando todo el procedimiento con soja, cuya composición en saponinas es muy conocida.

### **1. Introducción**

La especie *Ziziphus mistol*, Griseb, pertenece a la familia Rhamnaceae, Juss (Tortosa y Novara, 1992). Es un árbol espinoso de 4 a 10 metros de altura; las ramas jóvenes son pubescentes y zigzagueantes; las hojas son simples ovaladas y trinervadas, con la lámina subcoriácea y pubescentes, los bordes ligeramente aserrados; las inflorescencias son pequeñas y cimosas, se encuentran en el extremo de las ramificaciones; el fruto es una drupa elipsoide o esférico, color rojizo o amarronado de 12-15mm de longitud; la semilla es lacrimiforme de 5-6mm de longitud (Colares y Arambirri 2008; Barrionuevo et al., 2007; Tortosa y Novara, 1992). Pertenece a la ecorregión del Chaco Seco (Colares y Arambirri, 2008; Carrizo et al., 2005), pero también puede encontrarse en el Chaco Serrano (Carrizo et al., 2005).

El fruto, parte de la planta de interés de estudio, tiene propiedades medicinales y es utilizado para la fabricación de productos regionales (Colares y Arambirri, 2008, Tortosa y Novara, 1992). Actualmente, éste ha sido objeto de estudio para la elaboración de alimentos. Hasta ahora, se ha logrado estandarizar un modelo de fabricación de harina de mistol para fines de alimentación considerando las técnicas utilizadas en la industria alimenticia (Barrionuevo MJ et al., 2007; Zamora Rueda et al., 2012). Además, se ha demostrado que este fruto tiene propiedades antibacterianas (Marcos Reynoso, 2013).

Las saponinas más estudiadas son de la soja que fueron aisladas, purificadas y estudiadas por diferentes investigadores. Uno de ellos, Walz, las clasificó como: C, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, siendo C y C<sub>1</sub> solubles en agua y C<sub>2</sub> insoluble. (Walz E., 1931) Sumiki obtuvo una saponina cristalina. Okano y Ohara, una cristalina y otra amorfa. Luego se comprobó, mediante el estudio del punto de fusión de los cristales obtenidos, que la C<sub>1</sub> de Walz, la saponina de Sumiki y la cristalina de Okano y Ohara, eran iguales. También se identificó, en la saponina purificada, un grupo terpeno y azúcares como la galactosa y la ramnosa (Burrell y Walter, 1935).

### **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo es obtener las saponinas del fruto y analizarlas cualitativamente por cromatografía comparándolas con las obtenidas de la soja.

### 3. Metodología

Los frutos del *Ziziphus mistol* se secaron a 60°C en estufa hasta peso constante, se pulverizaron y se procedió a la extracción continua en equipo soxhlet durante 8 horas con etanol al 96%. Luego, el extracto etanólico se concentró en evaporador rotatorio al vacío (Kochol et al., 2008). El extracto seco se resuspendió en agua destilada. La primera prueba fue de la espuma, agitando la solución, para observar la formación o no de la misma. La solución obtenida fue sometida a extracción líquida-líquida con solventes de polaridad creciente: cloroformo-acetato de etilo-butanol. El extracto butanólico es llevado a evaporación en evaporador rotatorio al vacío. Se dividió el extracto seco en dos partes, una destinada a TLC y otra a cromatografía en columna.

Para cromatografía en columna se utilizó silica gel 60 (0.063-0.200 mm) y como fase móvil soluciones de diclorometano-etanol 99% en proporciones 90:10, 60:40 y etanol puro. Se obtuvieron 3 muestras de 100 ml, las cuales se llevaron a evaporación en evaporador rotatorio al vacío. Se llevó cada una a 10 ml con butanol (Fabiani, 2012).

Las muestras se trataron con el reactivo de Liebermann-Burchard para confirmar la presencia de saponinas. (Fabiani G.L., 2012)

Todas las muestras se disolvieron en 10 ml de butanol. Luego se tomaron 20 µl de cada una de ellas y se sembraron en la placa TLC (silica gel 60 Merck N° 7734). Se desarrolló con solvente cloroformo-metanol-agua (65:35:5) y como revelador iodo sólido (Barrionuevo M., 2007).

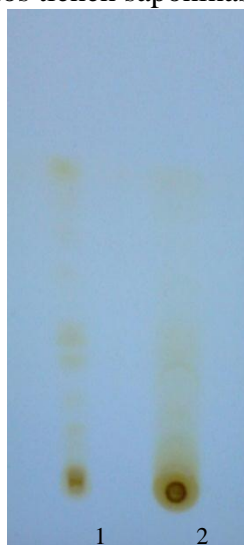
Para extracción e identificación de la saponina de la soja se procedió de igual forma para lograr la comparación.

### 4. Resultados

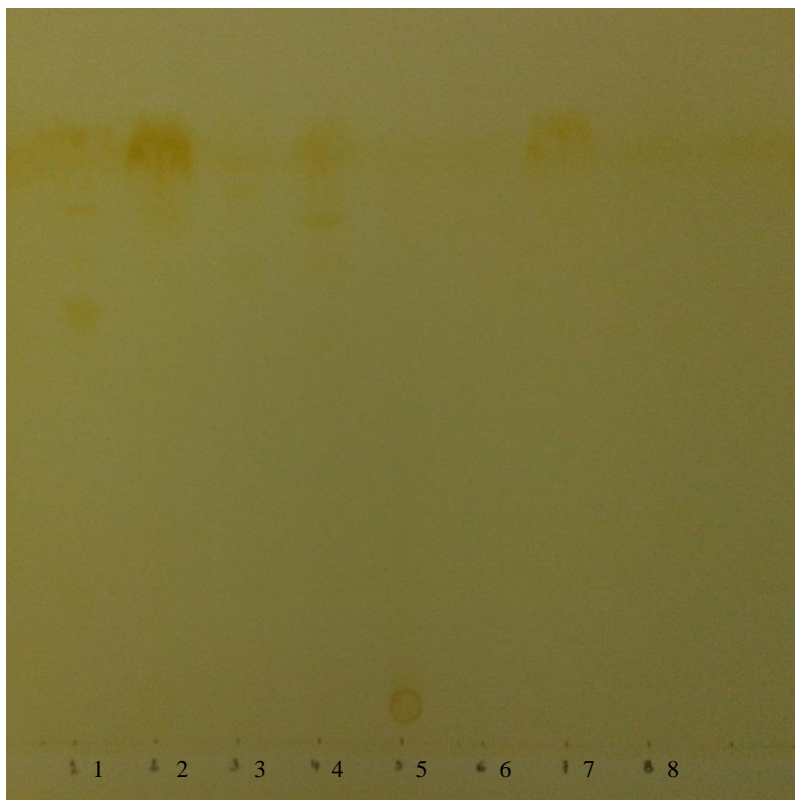
La prueba de la espuma dio positiva indicando la posible presencia de saponinas.

Las muestras tratadas con el reactivo de Liebermann-Burchard dieron positivas por lo que se confirma que se encuentran saponinas.

Al revelar las placas se observó que algunos compuestos de la soja coinciden con los del mistol lo cual indica que estos frutos tienen saponinas, como se pueden ver en Fig 1 y 2.



**Figura 1:** Cromatografía en capa fina del extracto obtenido en butanol. 1: soja, 2: mistol



**Figura 2:** Cromatografía en capa fina del extracto butanólico y de las fracciones obtenidas en la columna cromatográfica abierta. Soja: 1: extracto; 2: fracción  $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (90:10); 3: fracción  $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (60:40); 4: fracción  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (100); Mistol: 5: extracto; 6: fracción  $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (90:10); 7: fracción  $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (60:40); 8: fracción  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (100)

## 5. Conclusión

Mediante estos ensayos se logró obtener saponinas a partir de los frutos de mistol. Se propone continuar los estudios, con determinaciones por RMN para definir la estructura química y proponer posibles aplicaciones en función de los resultados que se obtengan.

## 6. Bibliografía

- Barrionuevo, M. J., R. M. Álvarez, M. Chaile y N. Sammán (2007). Extracción de fibra dietaria de frutos de mistol (*Zizyphus mistol*) y chañar (*Geoffroea decorticans*). Presentado en las III Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA. S. M. Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Barrionuevo, M. J. (2007) Obtención, purificación, identificación y aplicación de poliésteres de sacarosa. Tesis doctoral en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. UNT. Argentina.
- Burrell R.C and E.D Walter (1935) Journal Biological Chemistry. 108, 55-60.
- Carrizo E. del V. M. O. Palacio y L. D. Roic (2005) Uso medicinal de algunas especies nativas en Santiago del Estero (República Argentina). *Dominguezia*, 21(1): 25-32.
- Colares M. N y A. M. Arambirri (2008) *Zizyphus mistol* (Rhamnaceae): Morfo-anatomía y Arquitectura Foliar. *Lat. Am. J. Pharm.* 27 (4): 568-77.
- Fabiani G.L. (2012) Estudio y caracterización del fruto de algarrobo de la región. Tesis doctoral en Ciencia y Tecnología de Alimentos. UNSE. Argentina.

- Kochol R.A., Malgor L.A., Verges E.G. Valsecia M.E., Mendoza L.A. y Maiocchi M. (2008) Estudio de efectos adversos de extractos de saponinas obtenidas de *Ilex Paraguariensis* y de una nueva especie de yerba mate: *Ilex Dumosa* Reiss. Farmalog. Medicina. UNNE.
- Reynoso, Marcos (2013) Dirección de Medios y Comunicación Institucional UNT Noticia del 6/4/2013.
- Tortosa R. y L. Novara (1992). *Rhamnacea* en “Flora del Valle de Lerma”. Aportes Botánicos de Salta. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 1(13): 7-11.
- Walz E. (1931) Isoflavon- und Saponin-Glucoside in Soja hispida. Ann Chem 489(1): 118-155.
- Zamora Rueda G, y M.J. Barrionuevo (2012) Alimentos para celíacos Presentado en 1er Encuentro Científico de Investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (ECIFACET 12). S. M. Tucumán. Tucumán. Argentina.



# **06TAC - ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE AGUA PARA LECHE EN POLVO REDUCIDA EN LACTOSA**

**YACANTO, P.; GIL, J.; MURATONA, S.; ABACA, C.; SUSTERSIC, M.**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis. Av. 25 de Mayo 384 - (5730) Villa Mercedes, San Luis (Argentina).  
E-mail: jgil@fices.unsl.edu.ar**

## **Resumen**

Mediante un trabajo experimental y su correlación con el modelo teórico de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), se realizó el estudio de las Isotermas de adsorción y desorción para la leche en polvo entera parcialmente deslactosada a una temperatura de 25°C, pudiendo determinar el comportamiento de las mismas en un amplio rango de actividades de agua.

## **1. Introducción**

La actividad de agua ( $a_w$ ) es un parámetro indicativo de la mayor o menor disponibilidad de agua de un alimento para las distintas reacciones que se producen, por lo que resulta de importancia para predecir la vida útil de los alimentos.

La relación entre el contenido total de humedad y la correspondiente actividad de agua en un intervalo de valores de ésta a una temperatura, se denomina isoterma de sorción de humedad. Las isotermas de sorción se utilizan en cuatro grandes áreas del procesado de alimentos: secado, mezcla, envasado y almacenamiento (Jowitt *et al.*, 1981), siendo más ampliamente usadas en el estudio de la primera área mencionada (Fu *et al.*, 2012).

La adsorción ocurre inicialmente por formación de una monocapa de agua alrededor de los enlaces iónicos de la superficie del producto seguida de una adsorción en multicapas mediante enlaces débiles, captación de agua en los poros y espacios capilares, y por disolución de solutos. Finalmente, para muy altos contenidos de agua, hay un atrapamiento mecánico de la misma. Estas fases pueden solaparse y difieren entre los distintos tipos de alimentos, dependiendo de su composición y estructura (Troller & Christian, 1978). La obtención y modelado de las isotermas, es de suma importancia para el análisis de las condiciones óptimas de secado, la elección de materiales de envasado, condiciones de almacenamiento y para predecir la vida útil de un producto (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2007).

En forma experimental se estableció la relación entre el contenido de humedad de la leche en polvo parcialmente deslactosada con su actividad de agua ( $a_w$ ), durante el proceso adsorción-desorción a una temperatura constante de 25°C, la cual corresponde a un valor medio para las condiciones habituales en que se desarrollan las etapas de procesamiento, envasado y almacenamiento. El proceso de adsorción-desorción mencionado se analizó utilizando la ecuación de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer) (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 2000), para estudiar su comportamiento e interpretar los resultados. Este modelo fue seleccionado por ser ampliamente difundido y aplicado en los distintos trabajos sobre el tema que aparecen en la literatura, teniendo en cuenta la adaptación que presenta para los distintos alimentos

## 2. Objetivos

El objetivo del trabajo fue realizar experimentalmente una comparación entre los trazados de las isotermas de adsorción-desorción de agua de leche en polvo entera instantánea reducida en lactosa y realizar su modelado y ajuste con el modelo de Guggenheim, Anderson y de Boer (GAB), que en estudios anteriores demostró ser el de mejor ajuste en todo el rango de actividad de agua (Yacanto et al., 2012; Yacanto et al., 2014).

## 3. Metodología

Las mediciones de la actividad de agua ( $a_w$ ) se realizaron utilizando la técnica de medición del punto de rocío con un equipo Modelo Aqualab serie 3TE (Decagon). Se emplearon muestras de leche entera en polvo reducida en lactosa instantánea de primera marca comercial (Leche La Serenísima, Argentina, Tabla 1)

**TABLA 1.** Composición aproximada de la leche en polvo entera reducida en lactosa

<b>Composición Aproximada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Por 100 cm<sup>3</sup> (*)</b>
Valor Energético	Kcal/KJ	64/267
Carbohidratos	g	4,9
Lactosa	g	1
Glucosa	g	2
Galactosa	g	2
Proteínas	g	3,4
Grasas totales	g	3,4
Sodio	mg	48
Calcio	mg	117
Vitamina A	µg	67
Vitamina D	µg	1,0

(\*) Producto listo para consumo

Para la adsorción, se desecaron las muestras a 85°C durante 90 minutos, y posteriormente se colocaron en una cabina a humedad relativa de saturación durante un lapso de tiempo variable, a efectos de obtener muestras con valores crecientes de humedad. A continuación las muestras se colocaron en el equipo Aqualab 3TE, para determinar su actividad de agua por la técnica del punto de rocío. El contenido de humedad se midió en forma gravimétrica.

Para la desorción, se reconstituyó el producto de origen, se fraccionó en muestras de 3 ml aproximadamente, se pesaron y se secaron en estufa a temperatura controlada de 85°C y tiempos variables, midiendo simultáneamente la actividad de agua de las mismas en el Aqualab, y por diferencia de peso el contenido de humedad del producto.

Para correlacionar los datos experimentales se empleó el Modelo de GAB (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 2000) según la ecuación (1) que se detalla a continuación:

$$X = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot k \cdot a_w)} \quad (1)$$

Donde:

X: contenido de humedad, Kg agua/ Kg masa seca

$X_m$ : Contenido de humedad de monocapa

C: constante de Guggenheim, característica del producto y relacionada con el calor de adsorción de la monocapa.

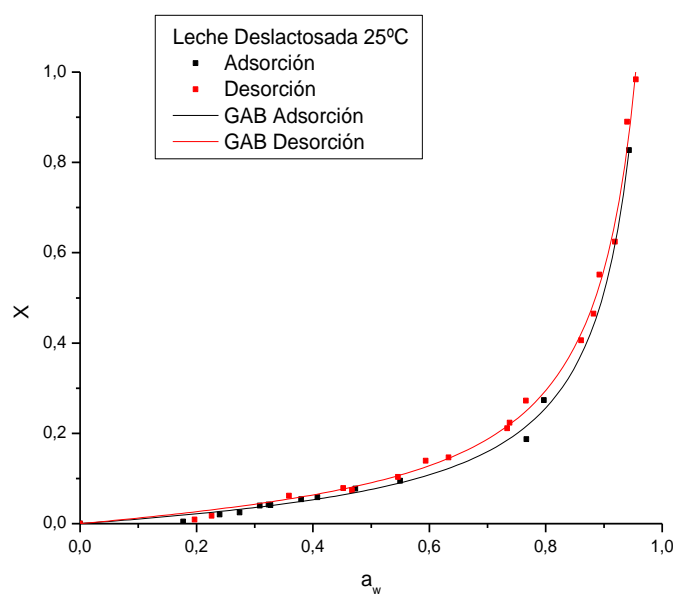
k: factor de corrección relacionado con el calor de adsorción de la multicapa.

$a_w$ : actividad de agua

#### 4. Resultados

De acuerdo a las experiencias realizadas, se comprobaron diferencias de comportamiento entre la adsorción y la desorción (Fig. 1).

**FIG. 1.** Adsorción-Desorción Leche Deslactosada 25°C



**TABLA 2.** Valores de las constantes de GAB – Error estándar

Tabla	Modelo GAB $X = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot k \cdot a_w)}$			
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
	Adsorción a 25°C		Desorción a 25°C	
$X_m$	0,06507	0,00671	0,07861	0,00736
C	1,51063	0,46542	1,55209	0,61341
k	0,98125	0,0065	0,96924	0,00617

Las curvas de adsorción presentan un crecimiento muy lento hasta aproximadamente una  $a_w = 0,2$ . A partir de la misma, se observa un creciente incremento de la pendiente de la curva. Este valor podría corresponder al agua ligada como monocapa, debido a la presencia de los monosacáridos glucosa y galactosa, que son considerablemente más solubles que la lactosa. El modelado también acompaña la observación de este fenómeno, explicando de este modo los valores de  $X_m$  0,065-0,078 g de agua por gramo de sustancia seca (contenido de humedad de la monocapa en la adsorción y desorción respectivamente). Los valores observados en la zona de crecimiento

exponencial, corresponden a la formación de multicapas y/o atrapamiento de agua dentro de las cadenas proteicas.

La forma de las curvas se asemejan a las observadas en otros trabajos (Shrestha *et al.*, 2007; Lin *et al.*, 2005) en los cuales se estudiaron leche en polvo entera y leche en polvo descremada.

Las formas de las curvas de adsorción y desorción son similares, pero se observa histéresis prácticamente en todo el rango de trabajo de actividades de agua (0,2 a 0,85), siendo más significativa en el comprendido entre 0,4-0,8.

Se determinaron en ambos procesos los valores para las constantes de la Ecuación de GAB, como también los errores estándar resultantes para las mismas, según el ajuste realizado, permitiendo observar que los valores de la monocapa “Xm” en ambos casos resultan del mismo orden de magnitud (Tabla 2).

## 5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede concluir que la Ecuación de GAB modela correctamente los resultados experimentales, tanto en el proceso de adsorción como en el de la desorción.

Las isotermas presentaron en forma muy marcada el fenómeno de histéresis entre el proceso de adsorción y desorción. Ésta se exhibe en un amplio rango de valores de actividad de agua, siendo en forma manifiesta en el rango de 0,4 a 0,8, zona donde el agua se presenta en forma de multicapas.

La reducción de la lactosa en un 80% a expensas de la transformación en dos azúcares de mayor solubilidad, como la glucosa y galactosa, hace que los valores de actividad de agua obtenidos dentro de los rangos de almacenamiento del producto, sean seguros en cuanto al deterioro microbiano y al mantenimiento de su estabilidad química.

Igualmente no debe desestimarse que la exposición del producto a sitios húmedos, pueden afectar la humedad del mismo, de modo que incremente rápidamente la actividad de agua a valores que afecten las condiciones de seguridad requeridas.

## 6. Bibliografía

- Adamson W., (1997). Gast A. P. Physical Chemistry of surfaces, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists (1997). Official Method of Analysis. N° 934.06, Arlington, VA.
- Barbosa-Cánovas, G.V. & Vega-Mercado, H. (2000). Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A.
- Barbosa-Cánovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J. & Labuza, T.P. (2007). Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Blackwell publishing Ltd.
- Bronlund, J. & Paterson, T. (2004). Moisture sorption isotherms for crystalline, amorphous and predominantly crystalline lactose powders. International Dairy Journal, 14 (3), 247-254.
- Fu, N., Woo, M.W., Selomulya, C., Chen, X.D., Patel, K., Schuck, P., et al. (2012). Drying kinetics of skim milk with 50 wt.% initial solids. Journal of Food Engineering, 109, 701-711.
- Gálvez A.V., Aravena E.L. & Mondaca R. L. (2006). Isotermas de Adsorción en harina de maíz. Cienc. Tecnol. Aliment., 26 (4), 821-827.
- Gil, J., Muratona, S., Yacanto, P., Soteras, E.M., Abaca, C. & Sustersic, M. (2013). Water Adsorption and Desorption Isotherms on non-Fat Dry Milk. Avances en Ciencias e Ingeniería, Chile, 4 (1), 51-59.

- Jouppila, K. & Roos, Y.H. (1994). Water Sorption and Time-Dependent Phenomena of Milk Powder. *Journal of Dairy Science*, 77 (7), 1798-1808.
- Jowitt, R., Escher, F., Hallstrom, B., Meffert, H.F.Th., Spiess, W. & Vos, G. (1981). *Physical Properties of Foods: Applied Science Publishers*, London, U.K
- Lin, S.X.Q., Chen, X.D. & Pearce, D.L. (2005). Desorption isotherm of milk powders at elevated temperatures and over a wide range of relative humidity. *Journal of Food Engineering*, 68, 257-264.
- Rao, M.A., Datta, A.K. & Rizvi, S.H. (2005). *Engineering Properties of Foods*, Third Edition. Published by CRC Press Taylor & Francis Group. pp. 239-326.
- Shrestha, A.K., Howes, T., Adhikari, B.P. & Bhandari, B.R. (2007). Water sorption and glass transition properties of spray dried lactose hydrolysed skim milk powder. *Food Science and Technology*, 40 (9), 1593-1600.
- Soteras, M., Gil, J.,Yacanto, P., Muratona, S.,Abaca, C., Sustersic, M., (2014). Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche entera en polvo. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 57-66. ISSN: 0718-8706. Chile, marzo 2014.
- Soto, M.J.A. & Candelas, C.M.G. (2007). Isotermas de Sorción a Diferentes Temperaturas para el Higo Variedad Misión. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, 594-598.
- Stencl, J. (1999). Water Activity of Skimmed Milk Powder in the Temperature range of 20-45°C.
- Troller, J.A. & Christian, J.H.B. (1978). *Water Activity in Food: Academic Press*. New York.
- Yacanto, P., Soteras, E., Gil, J., Muratona, S., Esquenoni, S., Abaca, C., Sustersic, M. (2012). Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche en polvo entera. (Influencia de la temperatura). XIX Congreso Argentino de Química. AQA oct. 2012. Mar del Plata, Argentina. (40) 1-4.
- Yacanto, P., Gil, J., Muratona, S., Abaca, C., Sustersic, M. (2014). Estudio comparativo de las isotermas de sorción de agua en leche en polvo entera y reducida en lactosa. 30º Congreso Argentino de Química. AQA oct. 2014. Buenos Aires, Argentina.

## **07TCA - PROGRAMA CON UN SOFTWARE MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE FRIZADO DE UN ALIMENTO EN LECHO FLUIDIZADO Y CON ESTUDIO ECONÓMICO.**

**MONTESANO, J<sup>1</sup>.; UGARTE, M<sup>1</sup>.; GARCÍA, D<sup>1</sup>.**

**Carrera C y T de los Alimentos, Universidad Nacional de Lanús (UNLa) 29 de Septiembre 3901, Lanús, Pcia. Bs. As. Argentina.  
E-mail: [juanmontesano45@gmail.com](mailto:juanmontesano45@gmail.com)**

### **Resumen**

La congelación y la refrigeración son dos sistemas diferentes de conservar los alimentos mediante el frío.

Mientras que la refrigeración conserva y preserva dificultando la proliferación de microorganismos a una temperatura de entre 3 a 5 °C, la congelación almacena el alimento durante mucho tiempo a una temperatura de -18°C.

Congelar es convertir el agua que el alimento posee, en cristales de hielo, quedando el alimento temporalmente deshidratado. Esto es lo que permite un mayor tiempo de conservación. La gran ventaja de la congelación es que además de conservar los alimentos, evita la proliferación de microorganismos, ya que por debajo de -10°C, el crecimiento de los mismos se detiene.

El trabajo consiste programar el proceso defrizado de arvejas a través de un lecho fluidizado, con el fin de diseñar el lecho, el equipo de refrigeración, el sistema de impulsión y evaluar económicamente los gastos de equipamiento y el costo anual de operación. Para tal efecto se generan los algoritmos matemáticos necesarios: del tiempo de frizado, de las entalpías puestas en juego, de la morfología del lecho de arvejas, de la potencia necesaria del ventilador y de las expresiones empíricas para el estudio económico. .

### **1. Introducción**

“Se entiende por guisantes (arvejas) congelados rápidamente, el producto sometido a un proceso de congelación con un equipo apropiado y que cumple las condiciones que se estipulan a continuación. Este proceso de congelación deberá efectuarse de tal forma que la zona de temperatura de cristalización máxima se pase rápidamente. El proceso de congelación rápida no deberá considerarse completo hasta que, una vez lograda la estabilización térmica, la temperatura del producto en el centro térmico no haya descendido a -18°C (0°F). Está autorizada la práctica admitida de envasar de nuevo los productos congelados rápidamente en condiciones controladas”<sup>i</sup>.

Los alimentos se someten a la acción de bajas temperaturas para inhibir o eliminar, fundamentalmente, las actividades microbianas y enzimáticas. La inmovilización del agua en forma de hielo y al aumento de la concentración de solutos en el agua no congelada reduce la actividad de agua del alimento. Mediante este efecto combinado se mejora la conservación.

El programa realizado con el software MATHCAD, no solo admite introducir los datos de este ejemplo, sino que da la posibilidad de modificar las cargas, su tamaño, el tipo, temperatura final y por lo tanto obtener diferentes requerimientos energéticos, exergéticos y económicos al respecto.

## 2. Objetivo

El objetivo del trabajo es la simulación por medio de un software matemático amigable de un proceso de frizado en lecho fluidizado de un alimento, con aire debidamente acondicionado.

La idea, es abarcar una simulación completa, es decir con la base de principios de termodinámica, transferencia de calor, de hidrodinámica de fluidización; determinar la cantidad de energía necesaria para preparar el aire para el enfriamiento en un ciclo frigorífico y por lo tanto calcular el área de transferencia en sus equipos. Con los modelos de la pérdida de presión a lo largo de un lecho en función de la velocidad del gas determinar el caudal de aire necesario para la congelación y las características del lecho de alimento sobre la cinta transportadora.

Con las pérdidas de carga del aire en el lecho y el la potencia del compresor en el equipo frigorífico se realiza el cálculo de energía puesta en juego en el proceso.

Se completa el trabajo con fórmulas empíricas que permiten determinar los costos anuales totales donde se incluyen los de equipamiento y los operativos.

## 3. Metodología

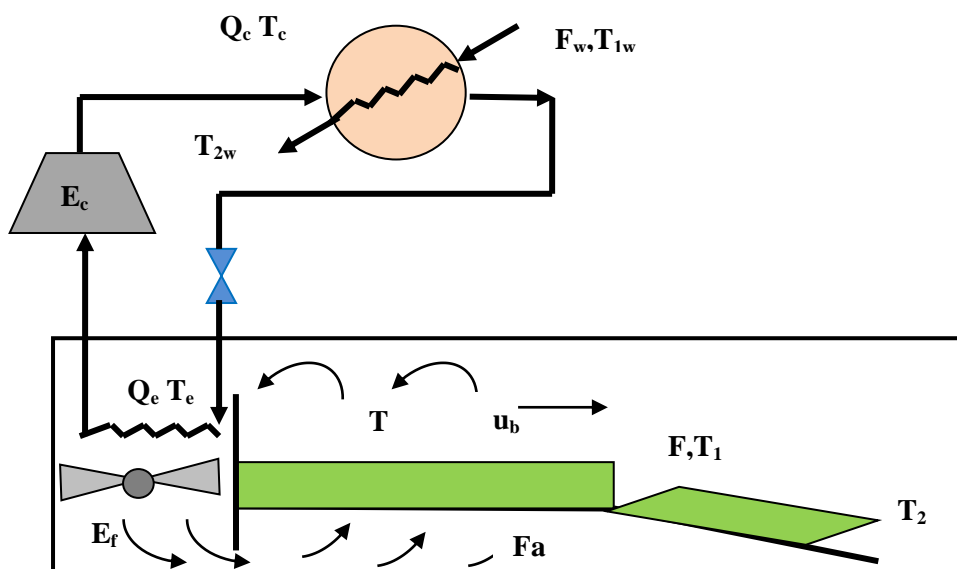


FIGURA 1. Representación del proceso de lecho fluidizado

En la Figura 1 se muestra el *flowsheet* del proceso estudiado.

Ingresa  $F$  (kg/s) de alimento a una temperatura de  $T_1$  (°C). El congelado sale también a  $F$  (kg/s) pero a  $T_2$  (°C). Las partículas se mueven muy lentamente a una velocidad  $u_b$  (m/s). El aire de enfriamiento entra al frizer con un caudal  $F_a$  (kg/s) y una temperatura  $T$  (°C). La potencia eléctrica necesaria para impulsar el ventilador es  $E_f$  (kW).

La temperatura del aire frío es controlado por el evaporador por el que, circula un fluido refrigerante a una temperatura  $T_e$  (°C). y entrega una cantidad de calor  $Q_e$  (kW). El compresor posee una potencia  $E_c$  (kW) y el condensador tiene una temperatura  $T_c$  (°C) entregado  $Q_c$  (kW) a agua de refrigeración que con caudal  $F_w$  (kg/s) pasa de una temperatura  $T_{w1}$  (°C) a una temperatura  $T_{w2}$  (°C).

Variables -A	Datos del proceso-B
$A_b m^2$ Área del lecho	Densidad
$A_c m^2$ Área de intercambio condensador	$\rho_a kg/m^3$ Aire
$A_e m^2$ Área de intercambio del evaporador	$\rho_s kg/m^3$ Alimento
$D m$ Ancho lecho	Calor específico
$d m$ Diámetro de partícula	$Cp_w kJ/kg K$ Agua
$E kW$ Energía total requerida	$Cp_r kJ/kg K$ Refrigerante
$E_c kW$ Energía en el compresor	$Cp_a kJ/kg K$ Aire
$E_f kW$ Energía ventilador	$Cp_s kJ/kg K$ Alimento
<b><math>F kg/s</math> Caudal de material a frizar</b>	
$F_a kg/s$ Caudal de alimento	Coeficiente de conducción
$F_r kg/s$ Caudal de refrigerante	$\lambda W/mK$ Hielo
$F_w kg/s$ Caudal de agua	Viscosidad
$H m^3$ Volumen de lecho	$\eta Pa s$ Aire
$h W/m^2 K$ Coeficiente de convección	Calor latente de vaporización
$L m$ Largo del lecho	$\Delta H_w kJ/kg$ Agua
$M ton$ Masa del lecho	$\Delta H_r kJ/kg$ Refrigerante
$Q_e kW$ Calor en el evaporador	Cristalización
$Q_c kW$ Calor en el condensador	$\Delta H_f kJ/kg$ Calor latente
$t h$ Tiempo de frizado	$T_f ^\circ C$ Temperatura
$T ^\circ C$ Temperatura del aire de enfriamiento	Coeficiente total de transferencia
$T_1 ^\circ C$ Temperatura de entrada del alimento	$U_e W/m^2 K$ Refrigerante evaporador
$T_2 ^\circ C$ Temperatura de salida del alimento	$U_c W/m^2 K$ Refrigerante condensador
$T_c ^\circ C$ Temperatura del ref. en condensador	Constantes empíricas
$T_e ^\circ C$ Temperatura del ref. evaporador	$b$ Ecuación de la partícula
$T_{w1} ^\circ C$ Temp. de entrada de enfriamiento	$\varepsilon$ Fracción de espacios vacíos
$T_{w2} ^\circ C$ Temp. de salida de enfriamiento	$a$ Ecuación de transferencia
$u m/s$ Velocidad del aire de enfriamiento	$n$ Exponente Re
$u_b m/s$ Velocidad del lecho	$P$ Factor de esfericidad
$Z m$ Profundidad de la carga de alimento	$R$ Factor de esfericidad
$\Delta P bar$ Caída de presión en el lecho	$t_y$ Horas trabajadas por año
$\varepsilon f$ Efecto frigorífico	
$\varepsilon f c$ Efecto frigorífico según Carnot	
$\Delta Ex$ Exergía del sistema kW	
$\mu$ Rendimiento exergetico %	

TABLA A Y B .De variables y datos del proceso

En la **Tabla A y B**. Se destaca en **negrita** las especificaciones del proceso y las variables de diseño aparecen **subrayadas**.



Costos -C	
Equipamiento	
$C_{lecho}$ $k\$/m^2$	$n_b$ Lecho frizado
$C_{ex}$ $k\$/m^2$	$n_{ex}$ Equipos de transferencia
$C_{vent}$ $\$/kW$	$n_{ven}$ Ventilador
$C_{Comp}$ $\$/kW$	$n_{comp}$ Compresor
$C_{equipamiento}$ $K\%$	
Usos	
$C_{elec}$ $\$/kW$	
$C_{enf}$ $\$/kW$	

TABLA C. de costos

$Frizado := h \leftarrow a \cdot \left( \frac{u \cdot \rho a \cdot d}{\eta} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot (u \cdot \rho a \cdot C_{pa}) \cdot 10^3$ $t \leftarrow \frac{\rho s \cdot 1000 \cdot \Delta H L}{(T_f - T_c) \cdot 3600} \left( \frac{P \cdot 0.001 \cdot d}{h} + \frac{R \cdot (10^{-3} \cdot d)^2}{\lambda} \right)$ $Q_c \leftarrow F \cdot \frac{1000}{3600} \cdot (C_{ps} \cdot (T_1 - T_f) + \Delta H L + C_{ps} \cdot (T_f - T_2))$ $Fr \leftarrow \frac{Q_c}{(\Delta H r - C_{pr} \cdot (T_c - T_e))}$ $Ac \leftarrow \frac{Q_c}{U_c \cdot (T - T_e)}$ $Q_c \leftarrow \left( \Delta H r \cdot \frac{T_c}{T_e} - C_{pr} \cdot (T_c - T_e) \right) \cdot Fr$ $Fw \leftarrow \frac{Q_c}{C_{pw} \cdot (Tw2 - Tw1)}$ $Ac \leftarrow \frac{Q_c \cdot \ln \left( \frac{(T_c - Tw1)}{(T_c - Tw2)} \right)}{U_c \cdot ((T_c - Tw1) - (T_c - Tw2))}$ $Ec \leftarrow \Delta H r \cdot \left( \frac{(T_c - T_e)}{T_e} \right) \cdot Fr$ $M \leftarrow F \cdot t$ $H \leftarrow \frac{M \cdot 1000}{(1 - \epsilon) \cdot \rho s}$ $L \leftarrow \frac{Z \cdot D}{H}$ $Ab \leftarrow L \cdot D$ $ub \leftarrow \frac{L}{t}$ $Re \leftarrow \frac{u \cdot \rho a \cdot d}{\eta}$ $\Delta P \leftarrow \frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \cdot \left( 150 \cdot \frac{(1 - \epsilon)}{Re} + 1.75 \right) \cdot \frac{Z}{d} \cdot \rho a \cdot u^2$ $Fa \leftarrow u \cdot D \cdot L$ $Ef \leftarrow \Delta P \cdot \frac{Fa}{\rho a}$ $E \leftarrow Ef + Ec$ $\Delta Ex \leftarrow Q_c - 300 \cdot F \cdot \frac{1000}{3600} \cdot \left( C_{ps} \cdot \ln \left( \frac{T_f}{T_1} \right) - \frac{\Delta H L}{T_f} + C_{ps} \cdot \ln \left( \frac{T_2}{T_f} \right) \right)$ $\mu \leftarrow \frac{\Delta Ex}{E} \cdot 10$ $cf \leftarrow \frac{Q_c}{Q_c - Q_e}$ $cc \leftarrow \frac{T_c}{T_c - T_e}$ $C_{equipamiento} \leftarrow C_{lecho} \cdot Ab^{1.8} + C_{ex} \cdot Ac^{1.8} + C_{ex} \cdot Ac^{1.8} + C_{vent} \cdot Ef^{1.8} + C_{comp} \cdot Ec^{1.8}$ $C_{op} \leftarrow (C_{mf} \cdot Q_c + C_{dec} \cdot (Ec + Ef)) \cdot ty$ $\begin{bmatrix} t & Q_c & Fr & Ac & Q_c & Fw & Ac & Ec \\ M & H & L & Ab & ub & Re & \Delta P & Fa \\ Ef & E & \Delta Ex & \mu & cf & cc & C_{equipamiento} & C_{op} \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 0.101 & 61.944 & 0.063 & 24.778 & 61.944 & 1.94 & 7.53 & 19.531 \\ 0.051 & 0.101 & 1.015 & 1.015 & 10 & 2.353 \cdot 10^3 & 2.227 & 5.073 \\ 11.299 & 30.83 & 6.678 & 2.166 & 3.172 & 3.4 & 79.487 & 2.666 \cdot 10^3 \end{bmatrix}$
---	--

FIGURA . Copia del programa de MathCad Prime 3.0

#### 4. Resultados

Se transcriben los elementos de la matriz del programa (ver Figura ), que representan los resultados obtenidos. Tener en cuenta que los valores en k\$ son kdolar.

Tiempo de congelación:  $t = 0,1$  h

Flujo de calor en evaporador:  $Q_e = 61,94$  kW

Caudal de refrigerante:  $Fr = 0,053$  kg/s

Área del evaporador:  $A_e = 24,78$  m<sup>2</sup>

Flujo de calor en condensador:  $Q_c = 81,48$  kW

Caudal de agua de enfriamiento en el condensador:  $F_w = 1,94$  kg/s

Área del condensador:  $A_c = 7,53$  m<sup>2</sup>

Potencia del compresor:  $E_c = 19,53$  kW

Masa del lecho:  $M = 0,051$  ton

Volumen del lecho:  $H = 0,101$  m<sup>3</sup>

Largo del lecho:  $L = 1,015$  m

Área del lecho:  $A_b = 1,01$  m<sup>2</sup>

Velocidad del lecho:  $u_b = 10$  m/h

Número de Re: 2353

Pérdida de carga en el lecho:  $\Delta P = 2,23$  bar

Caudal de aire de enfriamiento:  $F_a = 5,73$  kg/s

Potencia del ventilador:  $E_f = 11,3$  kW

Potencia total consumida:  $E = 30,83$  kW

Exergía producida:  $\Delta Ex = 6,68$  kW

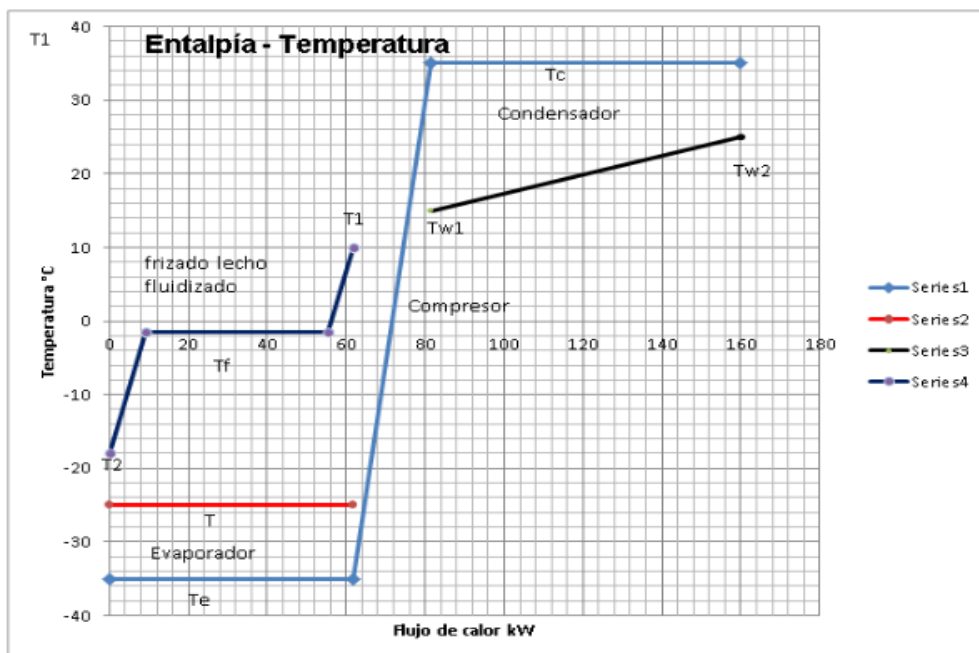
Rendimiento exergético:  $\mu = 21,66\%$

Efecto frigorífico:  $\epsilon_f = 3,17$

Efecto frigorífico según Carnot:  $\epsilon_f = 3,40$

Costo de equipamiento:  $C_{\text{equipamiento}} = 79,49$  k\$

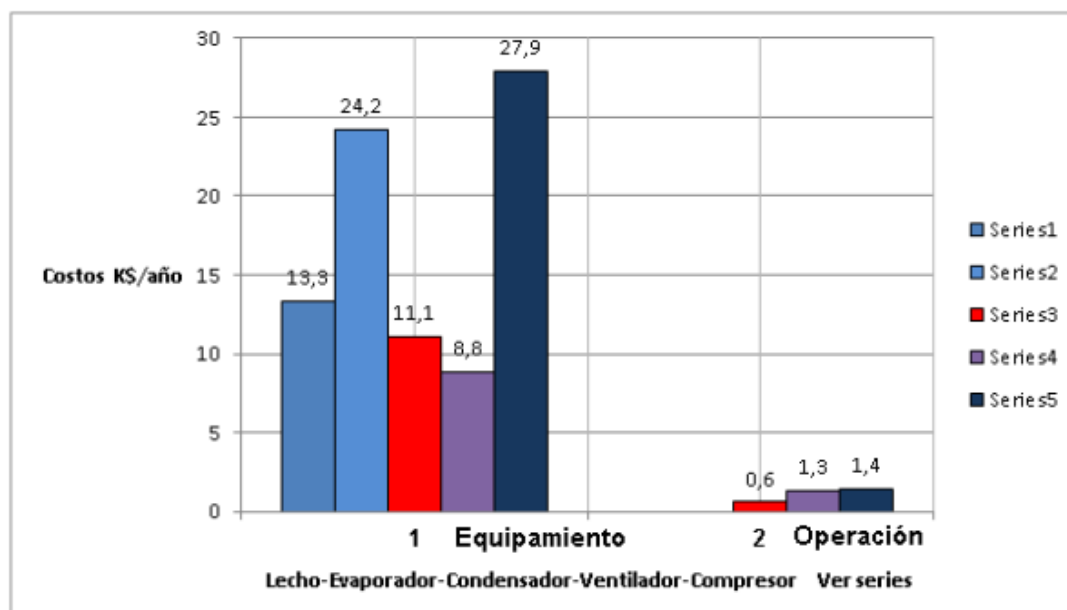
Costo operativo:  $C_{\text{op}} = 2666$  k\$/año



**FIGURA** Gráfico de la entalpía puesta en juego en el proceso vs temperatura

En la Figura se han representado los perfiles de temperatura en función del flujo de calor en la Serie 1 (equipo de refrigeración), en la Serie 2 (aire de enfriamiento), en la

Serie 3 (variación de temperatura de enfriamiento del agua en el condensador) en la Serie 4 (variación de temperatura en el lecho).



**FIGURA** Costos en k\$/año de equipamiento y de operación, en los equipos de las series

En la Figura se representa en un diagrama de barras para las diferentes series los costos de equipamiento y los costos operativos del equipo.

## 5. Conclusiones

El presente trabajo abarca la simulación por medio del software Mathcad, del frizado de arvejas.

En la simulación se aplican diferentes balances de energía, que permiten calcular, inicialmente, el flujo de calor que se debe extraer arveja de acuerdo al salto de temperatura requerido. De esta manera es posible determinar las condiciones del aire a utilizar para el enfriamiento como así también iniciar en el equipo de refrigeración. Conociendo el tiempo de enfriamiento se obtienen datos geométricos del lecho y de la cinta transportadora.

Se generó un programa para la simulación temporal de frizado en lecho fluidizado rápido, de manera que permite la simulación de enfriamientos con uno o más cambios en la cantidad del alimento a procesar, velocidad del aire, temperaturas de entrada y salida del alimento, y el uso de diferentes refrigerantes. También se calcula el efecto frigorífico del equipo de refrigeración y el rendimiento exergético del proceso. Todo se enlaza con el cálculo de la potencia total consumida y el estudio de costos de equipamiento y de operación.

El cálculo puede considerarse como una gran herramienta de la ingeniería.

El mercado en los últimos años ha obligado a implantar en las empresas todas aquellas tecnologías que puedan hacer realidad los tres grandes objetivos del diseño moderno.

- ✓ Diseñar para conseguir una fabricación a un costo competitivo.
- ✓ Diseñar en orden la utilización real en servicio.
- ✓ Diseñar bien al primer intento.

Es factible evaluar el efecto frigorífico del equipo de refrigeración, en el programa, la cinta transportadora por la geometría de una cámara de enfriamiento y con un balance adicional, que

tenga en cuenta las pérdidas de calor por las paredes, obtener igualmente los gastos de energía del proceso.

Es posible utilizar el software para mejorar resultados de las frutas que se exportan y que requieran el mismo cuidado que las frutillas. En ese caso es fundamental garantizar una buena condición de la fruta a su llegada, para obtener buenos precios en los mercados de destino.

## **6. Bibliografía**

- CengelYunus A, Boles M. (2000), *Termodinámica*. McGraw Hill. México
- Rahman S. (1995), *Food properties Handbookk*, CRC Press, Boca Ratón.
- Hui Y. (2007), *Handbook of food products manufacturing*, Wiley-Interscience, NJ.
- Hui Y, (2006), *Food biochemistry and food processing*, Blackwell Pub, Oxford.
- Heldman D., Lund D. (2007), *Handbook of food engineering*, CRC Press, Boca Ratón.
- Soares C. (2002), *Process engineering equipment handbook*, McGraw Hill, NYC.
- Smith P. (2002), *Introduction to food process engineering*, Kluwer Academic, NYC.

# **08TCA - EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS DE *Pachyrhizus ahipa* ACOPLADA AL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN Y ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES EMULSIFICANTES**

**DÍAZ, A.; DINI, C.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A.**

**Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, CIDCA (UNLP-CONICET) 47 y 116 La Plata. Argentina. [magarcia@quimica.unlp.edu.ar](mailto:magarcia@quimica.unlp.edu.ar)**

## **Resumen**

La ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) es una leguminosa poco difundida originaria del norte de Argentina y el sur de Bolivia. Sus raíces son una fuente rica en almidón, resultando muy atractiva como materia prima para la industria de alimentos; particularmente resulta interesante como fuente de almidón libre de gluten alternativa a la mandioca, para la cual se lleva a cabo un proceso sencillo de extracción del almidón en edio acuoso a partir de una pasta de la raíz, y posterior decantación de la lechada obtenida. *P. ahipa* posee también un contenido elevado de proteínas respecto a otras raíces y tubérculos (R&T) comestibles. En este trabajo se propone recuperar las proteínas de ahipa que se pierden durante la extracción acuosa del almidón y evaluar la capacidad emulsificante de las mismas. Para acoplar la extracción de proteínas a la de almidón se propone reemplazar el agua por buffer en los primeros pasos de extracción para optimizar la solubilización de las proteínas. La cantidad de proteína extraída en cada paso se evaluó por el método de Bradford, y el número de lavados necesarios para eliminar el buffer del almidón se determinó a través de medidas conductimétricas de los sobrenadantes. Se analizó si existen cambios en el rendimiento y las características del almidón extraído por este método respecto al obtenido por el método tradicional. Se estudió: contenido de nitrógeno residual, características reológicas de las pastas de almidón, temperatura de gelatinización y color. Asimismo se realizó una aproximación del punto isoeléctrico de las proteínas extraídas, y se evaluó la capacidad emulsificante de las mismas sobre emulsiones O/W 30:70 utilizando aceite puro de girasol como fase oleosa. Los almidones extraídos por ambos métodos presentaron diferencias significativas en algunas de las características estudiadas. Las proteínas presentaron una alta solubilidad en medio acuoso, exhibiendo menor solubilidad a pH ácido (2-5). Las emulsiones con proteínas de ahipa resultaron menos estables que las que contenían proteína de soja (control). Se concluye que es posible obtener proteínas aprovechando el proceso de extracción del almidón con una mínima modificación del proceso, sin pérdida de rendimiento, pero presentando algunos cambios en las características del almidón obtenido. Si bien estas proteínas presentan menor capacidad emulsificante que las de soja, su gran solubilidad en agua es una característica muy útil para su utilización en matrices alimentarias, por lo que podrían presentar otras propiedades tecnológicas interesantes tales como capacidad de retención de agua, capacidad espesante, etc.

## **1. Introducción**

*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi, comúnmente denominada “ahipa”, es una especie nativa de Sudamérica perteneciente al género *Pachyrhizus*, incluido en la familia Leguminosae (*Fabaceae*), que produce raíces tuberosas conteniendo almidón como compuesto mayoritario de reserva. Este género es capaz de llevar a cabo una simbiosis eficiente para la fijación de nitrógeno con bacterias del género *Rhizobium* y

*Bradyrhizobium*, lo que se refleja en un mayor tenor de proteínas en relación a otras raíces y tubérculos comestibles (R&T).

Una de las principales potencialidades de la ahipa es su utilización como cultivo alternativo o complementario al de otras R&T tropicales y subtropicales que se producen como fuentes para la extracción de almidón, ya que, al igual que la mayoría de éstas, *P. ahipa* presenta buenos rendimientos aún con un bajo nivel de agroinsumos, lo que la convierte en una materia prima interesante desde el punto de vista industrial. La extracción de almidón a partir de estas raíces tuberosas fue optimizada en nuestro laboratorio, habiéndose desarrollado un método simple y económico basado en el proceso industrial de obtención de almidón de mandioca (López et al., 2010).

En trabajos previos se ha observado que los almidones de ahipa presentan características tecnológicas promisorias para la elaboración de alimentos, tales como una baja proporción de amilosa y cadenas de amilopectina con un alto grado de ramificación, lo que hace que sus pastas presenten baja tendencia a la retrogradación (López et al., 2012), resultando potencialmente útil como aditivo alternativo al almidón nativo de maíz. Además, las pastas obtenidas a partir de este almidón también presentan una mejor aptitud para la cocción que las de almidón de maíz ya que poseen una temperatura de gelatinización significativamente más baja, y sus gránulos presentan buena capacidad de hinchamiento, lo que permitiría emplearlo como agente espesante (López et al., 2012).

Por otro lado, se determinó que una mínima fracción del almidón de ahipa resulta resistente a la hidrólisis enzimática ( $< 0,2\%$ ), lo que permite suponer que los alimentos derivados de este almidón serán fácilmente digeribles (Doporto et al., 2013), y por enzoinmunoensayos se verificó la ausencia de prolaminas en esta raíz, por lo que la ahipa y sus productos derivados son aptos para la elaboración de productos libres de gluten.

El contenido de proteínas de las raíces se encuentra alrededor de 9-10% en base seca (Dini et al., 2013), pero este contenido se pierde casi totalmente durante el proceso de extracción del almidón (López et al., 2010). Aunque aún es necesario evaluar su valor nutricional y el tipo de propiedades tecnológicas que éstas puedan presentar, las proteínas vegetales siempre son subproductos valiosos de las agroindustrias. Resulta importante entonces poder rescatar y aprovechar este producto como ingrediente para la industria alimentaria.

## **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo es elaborar una estrategia para la obtención y utilización de las proteínas presentes en las raíces de *P. ahipa* acoplada al proceso de extracción de almidón y determinar si las modificaciones introducidas en el proceso afectan el rendimiento y las características tecnológicas del almidón. Asimismo se plantea analizar la capacidad emulsificante de las proteínas extraídas a fin de evaluar un aspecto de su potencialidad como ingrediente para la industria alimentaria.

## **3. Metodología**

### **3.1 Extracción de proteínas acoplada al proceso de extracción de almidón**

#### **3.1.1 Determinación del número de lavados para eliminar el buffer**

Se evaluó el número de lavados con  $H_2O$  necesarios para eliminar las sales del buffer de extracción (buffer fosfato de sodio 0,05 M, pH 7,4 adicionado con 1M de cloruro de sodio,  $PO_4^{-3}/NaCl$ ) del almidón decantado. Para esto se pesaron exactamente por cuadruplicado muestras de  $\sim 10$  g de este almidón y se adicionaron 200 ml de buffer

manteniendo la proporción de 2L de solvente de extracción por kg de raíz fresca pelada (López et al., 2010), utilizando datos previamente reportados del contenido de almidón de las raíces (López, 2011). Se realizaron sucesivos lavados del almidón con el mismo volumen de H<sub>2</sub>O y se midió la conductividad de los sobrenadantes del almidón decantado luego de cada lavado hasta alcanzar el valor del control de almidón con H<sub>2</sub>O.

### 3.1.2 Proceso de extracción

Se utilizaron raíces de *Pachyrhizus ahipa* provenientes del INTA EEA-Montecarlo (Misiones, Argentina). Las raíces se lavaron, se congelaron a -20°C y se almacenaron durante un año. Posteriormente las raíces se descongelaron a temperatura ambiente, se pelaron, cortaron y procesaron para continuar con el esquema de extracción de almidón que se describe a continuación.

Extracción con buffer: 140g de ahipa pelada y cortada se mezclaron con 280 ml de buffer, manteniendo la relación de 2L de solvente por kg de raíz fresca (López et al., 2010). Se procesaron con una Minipimer (Philips) y se almacenaron 24 h a 4°C. Luego se filtraron con muselina, la lechada se decantó a 4°C y al residuo fibroso se le adicionaron otros 280 ml de buffer y se volvió a procesar. Este esquema se repitió 4 veces. Después de cada decantación, el sobrenadante correspondiente (conteniendo las proteínas) se guardó a 0°C y la lechada siguiente se sumó al almidón ya decantado.

Después de la cuarta extracción, se realizaron 2 más utilizando H<sub>2</sub>O en vez de buffer, las lechadas de agua se sumaron y mezclaron con el almidón decantado para lavarlo (de acuerdo al resultado obtenido por las determinaciones conductimétricas). Finalmente, todo el almidón decantado se secó en estufa a 40 °C.

Extracción con H<sub>2</sub>O: El esquema es el descrito por López et al. (2010). Es igual que el de extracción con buffer excepto que las 6 extracciones se realizaron con H<sub>2</sub>O y el almidón decantado en cada paso se secó en estufa a 40 °C (sin lavado del almidón).

Cada proceso de extracción, con H<sub>2</sub>O y con buffer, se realizó por triplicado.

### 3.2 Rendimiento de extracción de almidón y características del almidón extraído.

Se determinó la masa de almidón obtenida por el método clásico (López et al., 2010) respecto al obtenido al protocolo modificado utilizando buffer PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/NaCl y se calculó el rendimiento de extracción de cada uno de los métodos. Los almidones extraídos se caracterizaron por análisis de color, utilizando un colorímetro (Konica Minolta CR-400), y por ensayos de calorimetría diferencial de barrido (DSC) utilizando un equipo MDSC Q100 (TA Instruments) sobre suspensiones acuosas del mismo. El contenido de proteínas residual de los almidones obtenidos por ambos métodos se determinó por conversión del contenido de N total (Kjeldahl) utilizando el valor 6,25 como factor de conversión. Las características reológicas de los almidones gelatinizados se analizaron a través de ensayos rotacionales y dinámicos (López et al., 2012).

### 3.3 Obtención de las proteínas de ahipa

Los sobrenadantes de extracción con buffer y H<sub>2</sub>O fueron recolectados y guardados a 0°C, hasta completar todos los pasos de extracción. La cantidad de proteína presente en cada uno de los sucesivos extractos se determinó sobre alícuotas de los mismos por el método de Bradford. Posteriormente todos los extractos hechos con buffer se juntaron y se procedió a la precipitación de las proteínas por “salting-out” adicionando (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 90% de saturación a 4°C. Se centrifugó a 10000×g durante 25 min a 4°C y las proteínas precipitadas se resuspendieron en buffer fosfato de sodio 0,05 M, pH 7,4 (Forsyth y Shewry, 2002). El exceso de sal se eliminó por diálisis contra H<sub>2</sub>O y los extractos obtenidos se liofilizaron y se almacenaron refrigerados en frascos herméticos.

Se determinó el contenido proteico del polvo liofilizado por el método de Kjeldahl.

### **3.4 Solubilidad y capacidad emulsificante de las proteínas extraídas**

Se evaluó el efecto de la variación del pH del medio en la solubilidad de las proteínas extraídas. Se pesaron aproximadamente 250 mg de proteína, se alcalinizó con NaOH hasta total disolución y luego se llevó a neutralidad con ácido acético 1N y se llevó a un volumen final de 50 ml con agua destilada. Se adicionó 1 ml de esta solución de proteína a cada vaso de precipitado conteniendo 10 ml de buffer acetato de sodio 0,1N a los valores de pH estudiados (rango aproximado de pH: 2 a 8); se mezcló, se dejó reposar durante 3 minutos y se midió la absorbancia de las soluciones a 640 nm. Los valores se expresaron como transmitancia porcentual (%) de las soluciones.

Finalmente, se estudió la capacidad estabilizante de emulsiones de las proteínas de ahipa respecto a un hidrolizado proteico de soja comercial Supro® 500E (Danisco®, DuPont, EEUU) utilizado para tal fin. Se evaluó el contenido de proteínas de cada uno de los concentrados por el método de Kjeldahl. Las proteínas se solubilizaron en medio alcalino (pH  $\approx$  9), se centrifugaron a 3000 $\times$ g durante 10 min para eliminar los insolubles y el sobrenadante se llevó a pH 6,2 con HCl 0,1N y se ajustaron a volumen con H<sub>2</sub>O para obtener una concentración final de proteínas del 1%. Las emulsiones O/W se formaron mezclando la correspondiente suspensión proteica con aceite puro de girasol comercial (Natura®, AGD, Argentina) en una proporción 30:70 p/p. Las mezclas se emulsionaron utilizando un equipo Ultra Turrax T25 (10000rpm, 2 min.) e inmediatamente se aplicó ultrasonido al 50% de amplitud durante 3 segundos (Vibra-Cell™, Sonics, EEUU) utilizando una punta sonicadora de 13mm de diámetro. Se monitoreó la desestabilización de las emulsiones por medida del porcentaje de “back scattering” (BS, reflectancia) de las mismas durante 60 min en un equipo QuickscanCoulter®.

### **Análisis estadístico**

Todos los ensayos fueron realizados en al menos dos experimentos independientes, cada uno por duplicado. Las medias fueron analizadas por un análisis de varianza de un factor (ANAVA) con un nivel de significación del 5% ( $p < 0,05$ ) seguido por un test de comparación de medias LSD Fisher con un nivel de significación del 5% ( $p < 0,05$ ).

## **4. Resultados**

Habitualmente, se realizan entre 5 y 6 pasos de extracción del almidón por muestra de raíz para ser considerada exhaustiva, de acuerdo al método clásico de extracción con H<sub>2</sub>O reportado por López et al. (2010).

Por medidas conductimétricas se determinó que 2 lavados con H<sub>2</sub>O son suficientes para eliminar el exceso de sales del almidón extraído con buffer y decantado, y llegar así al valor del sobrenadante control con H<sub>2</sub>O.

En función de los resultados obtenidos, la extracción se realizó en 6 pasos tal como en el método tradicional, pero realizando los 4 primeros pasos de extracción con buffer y sumando las lechadas de cada extracción. Los 2 pasos posteriores se realizaron con agua, y cada lechada obtenida de estos pasos se utilizó para lavar el almidón decantado obtenido en las cuatro primeras extracciones, por lo tanto se realizaron 2 lavados sobre un total de 6 pasos de extracción. Se midió la conductividad del último sobrenadante de decantación respecto al del H<sub>2</sub>O para asegurar la eliminación del exceso de sales del almidón decantado.

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes relativos de extracción de proteína para cada paso utilizando buffer PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/NaCl como solvente. Se observa que el cuarto paso de



extracción tiene un rendimiento menor al 5% del obtenido en el primero, por lo que tres pasos serían suficientes para mantener un buen rendimiento de extracción.

**TABLA 1: Efecto del número de pasos de extracción en el rendimiento de proteínas**

Paso de extracción	1°	2°	3°	4°
mg % <sup>a</sup>	94,4±7,3	28,2±3,7	10,8±5,6	2,3±4,0
% extracción <sup>b</sup>	100	29,9	11,4	2,4

<sup>a</sup> mg de proteína extraída cada 100 g de raíz en base húmeda. <sup>b</sup> Porcentaje relativo de extracción

En la Tabla 2 se observa que la modificación en el proceso de extracción no disminuyó el rendimiento de extracción de almidón, incluso resultando levemente superior el obtenido con buffer respecto al extraído con agua. El contenido de proteína residual del almidón extraído con buffer resultó significativamente menor al del obtenido con el método tradicional, demostrando la mayor efectividad de extracción de proteínas del buffer respecto al agua.

En cuanto a los parámetros térmicos obtenidos por DSC, se observa que la temperatura del pico de gelatinización no presentó variaciones para ambos almidones, pero sí se observó una diferencia en la entalpía del proceso, resultando significativamente mayor para el almidón extraído con buffer, lo que indicaría que una mayor cristalinidad.

Los parámetros de color  $\Delta E$  (diferencia total de color) y  $C^*$  (Chroma, saturación) también se vieron afectados por el tipo de extracción resultando significativamente menores para el almidón extraído con buffer (Tabla 2) lo que indica que éste presenta una mayor blancura. Las variaciones observadas en  $\Delta E$  y  $C^*$  se atribuyen a los valores de los parámetros de cromaticidad  $a^*$  y  $b^*$ . Así, el almidón extraído con buffer presentó un valor de  $a^*$  de  $0,36 \pm 0,05$  y un  $b^*$  de  $2,44 \pm 0,11$ , mientras que el extraído con agua mostró un valor de  $a^*$  de  $0,41 \pm 0,04$  y un  $b^*$  de  $3,68 \pm 0,37$ , significativamente mayor al primero ( $p < 0,05$ ), indicando una mayor coloración del almidón.

**TABLA 2: Efecto del proceso de extracción en las características de los almidones**

	Rendim. %	% Prot. Residual	$\Delta H$	T° pico	Parámetros de color		
					$\Delta E$	$C^*$	H
Buffer	16,39±0,30b	0,01±0,02a	9,05±0,19b	65,46±0,37a	4,59±0,10a	2,46±0,11a	1,4 ±0,02a
Agua	15,70±0,14a	0,54±0,01b	5,88±0,26a	65,78±0,48a	6,07±0,45b	3,70±0,37b	1,46±0,02a

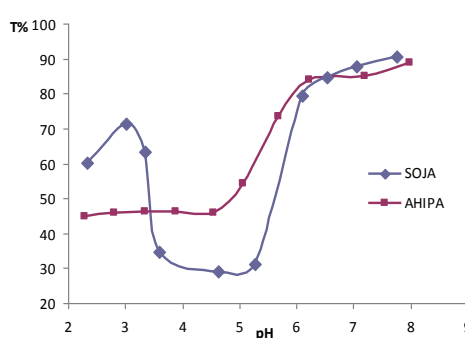
En cuanto a las características reológicas de los almidones obtenidos por ambos métodos se observó que ambos presentan comportamiento pseudoplástico, modelado efectivamente a través del modelo de Ostwald de Waele con valores de  $r^2 > 0,99$  (Tabla 3). Sin embargo, se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los valores de viscosidad aparente ( $\eta$ ), resultando superior para el almidón extraído con buffer, y en los parámetros  $k$  y  $n$  del modelo. Asimismo, el almidón extraído con buffer presentó un valor de tixotropía mayor que el extraído con agua (Tabla 3).

**TABLA 3: Efecto del proceso de extracción en el comportamiento reológico de los almidones**

	$\eta$ 500 s <sup>-1</sup>	$r^2$	$k$	$n$	Tixotropía
Buffer	196,37 ± 8,70 a	0,996	9,28 ± 0,02 a	0,3776 ± 0,0067 a	6936,5 ± 174,66 a
Agua	79,72 ± 2,76 b	0,999	2,47 ± 0,15 b	0,4466 ± 0,0048 b	4489,0 ± 77,78 b

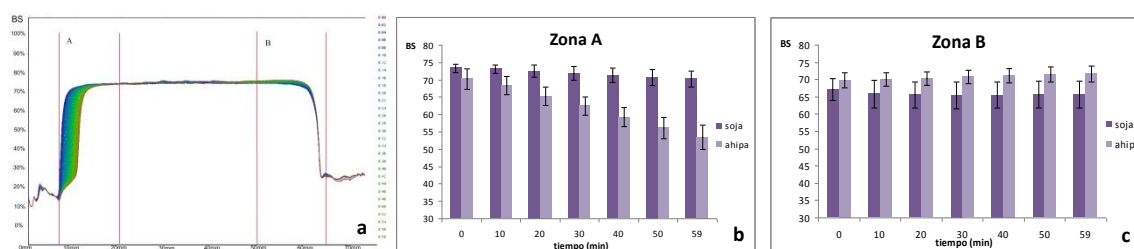
Se estudió el efecto del pH en la solubilidad de este concentrado proteico a fin de evaluar el tipo de alimentos en los que podría incorporarse. En la Figura 1 se observa una baja solubilidad en un rango de pH de 2-5, representado por un bajo valor de transmitancia porcentual de sus soluciones, presentando una forma sigmoidea, a diferencia de las proteínas de soja que muestran la típica forma de “U” en la curva de solubilidad (Figura 1). A partir de pH 6 ambas fuentes de proteínas muestran buena solubilidad, por lo que serían útiles para su aplicación en matrices alimentarias levemente ácidas.

Los contenidos de proteína para el polvo liofilizado obtenido de ahipa por extracción con buffer y el polvo comercial (Supro 500E®) de proteínas de soja fueron de  $56,13 \pm 0,25\%$  y  $71,13 \pm 0,62\%$ , respectivamente. Se estudió la capacidad emulsificante del concentrado proteico de ahipa respecto al de soja, comercializado a tal fin.



**FIGURA 1** Transmitancia % a 640 nm de las proteínas a diferentes valores de pH

Se analizó la desestabilización de las emulsiones en la parte inferior del tubo o zona de cremado (7-20mm) producida por la migración de las gotas de la fase oleosa hacia la parte superior del tubo, y en la parte superior del tubo o zona de desestabilización de la fase crema (50-65mm), que se caracteriza por la fusión de gotas de aceite generando un cambio en los valores del %BS (sectores A y B respectivamente de las gráficas de la Figura 2a). En la Figura 2b se observa una desestabilización de la zona de cremado las emulsiones con proteínas de ahipa respecto a las de soja, presentando descensos significativos ( $p < 0,05$ ) en el %BS a los 20, 40 y 59 min, mientras que las emulsiones con proteínas de soja no presentaron variaciones en el %BS durante todo el período. En la zona de la desestabilización de la fase crema (parte superior del tubo) se observa que con ninguna de las dos proteínas hubo variación significativa del %BS en el tiempo; sin embargo, a partir de  $t=30$  min los valores de %BS con proteínas de soja resultaron significativamente menores que con las de ahipa.



**FIGURA 2 a)** Perfiles a diferentes tiempos de BS% en función de la longitud del tubo. Zonas analizadas: cremación (zona A) y desestabilización de la fase crema (zona B) **b)** BS en función del tiempo correspondiente a la zona A **c)** BS en función del tiempo correspondiente a la zona B.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que el uso de buffer en la extracción de almidón permitiría acoplar la extracción de proteínas para el aprovechamiento de este subproducto, siendo 3 pasos de extracción suficientes para extraer la mayor parte de las proteínas solubles. El proceso de obtención de almidón no sufre pérdidas en el rendimiento, y el almidón obtenido presenta menor contenido de proteínas residuales y mayor blancura. El almidón extraído con buffer también presenta propiedades reológicas diferentes a las del almidón extraído con agua, lo que podría deberse a su mayor cristalinidad.

Las proteínas de ahípa presentaron una capacidad de estabilización de emulsiones inferior a la observada para las proteínas de soja a pH 6,2. Esto podría estar relacionado con una baja presencia de grupos hidrofóbicos en este tipo de proteínas, ya que presentan una buena solubilidad a este pH. En base a estos resultados se propone estudiar otras propiedades tecnológicas relacionadas a proteínas solubles con el fin de plantear posibles aplicaciones alimentarias para estas proteínas.

## 6. Bibliografía

- Dini, C.; Doporto, M.C.; García, M.A.; Viña, S.Z. (2013). Nutritional profile and anti-nutrient analyses of *Pachyrhizus ahípa* roots from different accessions. Food Research International 54: 255-261.
- Doporto, M.C.; Dini, C.; Viña, S.Z.; García, M.A. (2014). *Pachyrhizus ahípa* roots and starches: composition and functional properties related to their food uses. Starch – Stärke 66: 539 - 548.
- Forsyth, J.L.; Shewry, P.R. (2002). Characterization of the major proteins of tubers of yam bean (*Pachyrhizus ahípa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 50:1939-44.
- López, O.V.; Viña, S.Z.; Pachas, A.N.A.; Sisterna, M.N.; Rohatsch, P.H.; Mugridge, A.; Fassola, H.E.; García, M.A. (2010). Composition and food properties of *Pachyrhizus ahípa* roots and starch. International Journal of Food Science & Technology 45: 223-233.
- López, O.V. (2011). Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.
- López, O.V.; García, M.A.; Viña, S.Z. (2012). *Pachyrhizus Ahípa*: Revalorización De Un Cultivo Ancestral, Editorial Académica Española.

# 09TCA - EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BACTERIAS LÁCTICAS Y LEVADURAS EN QUESOS FRESCOS DE CABRA DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA.

ANCASI, E.G.<sup>1</sup>; MALDONADO, S.<sup>1</sup>; OLISZEWSKI, R.<sup>2</sup>

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47- (4600). San Salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina.

Email: [gustyancasi@hotmail.com](mailto:gustyancasi@hotmail.com).

CONICET - Fac. Agronomía y Zootecnia. (4000). Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina.

## 1. Resumen

Los quesos frescos de cabra artesanales de la Quebrada de Humahuaca son elaborados con leche cruda, cuya maduración genera sabores, aromas y texturas característicos de la región. Los objetivos de este estudio fueron identificar y caracterizar bacterias lácticas (BAL) y levaduras nativas, aisladas de quesos frescos de esta zona productora. De un total de 36 muestras sembradas en agar Sabouraud, agar MRS y M17, se obtuvieron 128 levaduras y 39 lactobacilos, los que fueron identificados fenotípicamente y evaluadas las siguientes propiedades tecnológicas: pH a la coagulación, tasa de acidificación, proteólisis en agar leche, lipólisis en agar triacetina, producción de acetoína en leche reconstituida y asimilación del citrato en agar citrato. *Lb. bulgaricus*, *Lb. subspcasei*, *pseudopiantarum*, *Lb. varplantarumarabinosus*, *Lb. subspcaseirhamnosus*, *Lb. acidophilus*, *Lactococcosp* y *Enterococcus spp.* fueron las bacterias lácticas identificadas. Del total de los aislamientos, 41,6% coagularon la leche en 10 horas y 33% en 5 horas. *Lb. helveticus* coaguló la leche a pH de 5,40 en 5 horas, hasta alcanzar un valor final de 4,16 en 24 h, mientras que *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Lb. fermentum* iniciaron la coagulación en 5 horas, con valores de pH iniciales de 4,81 y 4,92 hasta valores finales de 4,19 y 4,21 respectivamente. *L. helveticus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. plantarum*, *Lb. fermentum*, *Lb. casei* subsp. *rhamnosus*, *Lb. casei* subsp. *pseudopiantarum*, *Lb. brevis* var. *brevis*, en orden descendente, demostraron tener capacidad acidificante. *Lb. fermentum* y *Lb. casei* subsp. *pseudopiantarum* desarrollaron actividad proteolítica y sólo *Lb. varplantarum* demostró tener actividad lipolítica. Las levaduras aisladas fueron *Debaryomyces hansenii*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Kluyveromyces lactis*, *Wickerhamiella domerquiae*, *Dekkera bruxellensis*, *Candida valdiviana*, *Candida novakii*, *Dekkera bruxellensis*, *Candida versatilis*, *Candida magnoliae*, *Candida albicans*, *Pichia anomala*, *Dekkera anomala* y *Rodotorula spp.* Cepas de *D. hansenii*, *C. magnoliae*, *Z. rouxii*, *C. versatilis* y *K. lactis* tuvieron actividad proteolítica y lipolítica, y una cepa de *W. domerquiae* tuvo solamente actividad proteolítica. Algunas cepas de *K. lactis* produjeron acetoína y *D. bruxellensis* y *C. versatilis* metabolizaron el citrato, hidrolizaron la caseína y tuvieron actividad lipolítica. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la composición de las poblaciones de BAL y levadura en quesos artesanales es específica de la región. Los conocimientos adquiridos en este estudio podrían ser utilizados para la obtención de cultivos iniciadores con cepas de BAL y levaduras específicas de la región, destinados a la producción de quesos frescos con origen geográfico específico.

## 2. Introducción

La Quebrada de Humahuaca, en la provincia de Jujuy, constituye una región geográfica con características propias del noroeste argentino, con una larga tradición en la producción regional de productos lácteos a través de fermentación de leche de cabra. En esta región los quesos frescos de origen artesanal, se fabrican sin el uso de cultivos iniciadores comerciales. Estos productos son elaborados con leche no pasteurizada y la composición del “estárter natural” depende únicamente de la microbiota presente en la leche cruda o del entorno local. Estos microorganismos son responsables del sabor, aroma y textura del queso, otorgándole características únicas al producto. Topisirovic y colaboradores (2006) informaron que las BAL aisladas de muestras de quesos autóctonos tienen un considerable potencial genético, metabólico y tecnológico a través de características como: buena coagulación de las proteínas de la leche, acidificación acelerada, producción de proteinasas, exopolisacáridos, precursores de aroma y sabor, así como las propiedades que promueven la salud. Las BAL dominantes están representadas por varias especies de lactobacilos: *Leuconostocs*, enterococos, *Streptococcus thermophilus* y *Lactococcus lactis*. Las especies de levadura generalmente representan la microbiota secundaria en quesos y entre ellos *Kluyveromyces marxianus*, *Debaryomyces hansenii* y *Saccharomyces cerevisiae*, entre otras, son las predominantes (Chebeňová-Turcovská et al., 2011). Por otra parte, estudios recientes han indicado que levaduras de origen alimentario tales como *D. hansenii* y *Yarrowia lipolytica* podrían ser utilizadas como parte de los cultivos iniciadores para la manufactura de quesos, mejorando el desarrollo del sabor durante la maduración (Sørensen et al, 2011). En relación a lo anterior el objetivo de este estudio fue caracterizar bacterias lácticas (BAL) y levaduras nativas, aisladas de quesos frescos de esta zona productora, con miras al desarrollo de un cultivo iniciador que conserve las características de los quesos locales.

## 3. Materiales y Métodos

### 3.1. Toma de Muestra

Se tomaron 36 muestras de quesos de cabra de diferentes puntos de la Quebrada de Humahuaca de la Provincia de Jujuy, directamente de los productores. Las muestras se trasladaron inmediatamente al laboratorio en un contenedor que permitió mantener la temperatura de refrigeración. En el laboratorio las muestras se conservaron a 4 °C por un tiempo no mayor a 1 día hasta su análisis.

### 3.2. Aislamiento e identificación de BAL

El aislamiento de las BAL a partir de los quesos se realizó siguiendo el método según Terzic-Vidojevic (2007). Para el análisis microbiológico se tomaron 25 g de cada muestra, se transfirió a 225 ml de solución estéril de citrato de sodio al 2% (w / v) y se homogeneizó manualmente durante 10 minutos. Se realizaron diluciones decimales y se sembraron en los medios apropiados para cada BAL: a) para lactobacilos, en agar MRS pH 5,5e incubados a 30 °C y 45 °C durante 72 h en condiciones de microaerofilia, b) para lactococos, sobre agar M17 pH 7,2 a 30 °C durante 72 h (Mannu et al., 2002). Se tomó un promedio de 24 colonias al azar por muestra, de las placas de agar MRS (30 °C y 45 °C) y agar M17, correspondientes a la dilución más alta a la que se produjo el crecimiento. La morfología de las células de todas las cepas de BAL se determinó por microscopía y se consideraron aquellos bacilos y cocos Gram positivos y catalasa negativa para su posterior análisis tecnológico e identificación según metodología propuesta por Bergey (2000). Para una correcta conservación, los lactobacilos fueron almacenados en caldo MRS 30% de glicerol (v/v) a -20 °C (Herrero et al., 2003).

### 3.3. Aislamiento e identificación de levaduras

Para el aislamiento de levaduras se tomaron porciones de 25 g de cada queso, los cuales fueron homogenizados en 225 ml de solución estéril de citrato de sodio al 2% (w/v) durante 10 minutos. De las suspensiones se realizaron diluciones decimales ( $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ ) con el mismo diluyente. De cada dilución se tomaron alícuotas de 100  $\mu$ l y se esparcieron en agar Sabouraud (peptona de carne 10%, glucosa 40%, agar 20%) con cloranfenicol (0,01%). Las placas se incubaron por 5 días a 25 °C. Transcurrido el tiempo de crecimiento se tomaron colonias elegidas en base a su morfología (superficies lisas, rugosidad de bordes, consistencia, color, etc.), repicadas en caldo YPD (1% extracto de levadura, 2% de dextrosa y 2% de peptona) e incubadas 48 hs a 25°C, para su posterior análisis tecnológico e identificación, según metodología propuesta por Barnett (2007). Para su correcta conservación las levaduras se preservaron en caldo YPD con 20% (v/v) de glicerol.

### 3.4. Caracterización fisiológica y tecnológica de los aislados

Las bacterias lácticas fueron pre cultivadas en caldo MRS a 30 °C durante 24 h, para obtener  $10^6$  ufc/ml, luego sometidas a las siguientes pruebas: pH a la coagulación (IDF, 1980), velocidad de acidificación expresadas como  $\Delta$ pH/h según Medina (2001), capacidad lipolítica en agar triacetina y capacidad proteolítica en Agar leche descremada con la aparición de zonas transparentes alrededor de la colonia en ambos casos (Moulay et al., 2006). Los aislados de levaduras fueron cultivados en caldo YPD durante 24-48 hs a 25-28 °C y sometidos a las siguientes pruebas: producción de acetoina, inoculando al 0,1% tubos con 10 ml de leche descremada reconstituida estéril (10% P/V), incubadas a 25-28°C durante 24 horas (Mac Faddin, 1980); asimilación del citrato en agar citrato según Galeslod (1961); la actividad proteolítica extracelular y la actividad lipolítica fue determinada según Kurtzman y Fell (2011).

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1. Aislamiento e identificación de BAL y levaduras

La identificación de los aislamientos reveló la presencia de tres géneros: Enterococcus(41,82%), Lactobacillus (29,40) y Lactococcus (28,91), de los cuales se seleccionaron 39 cepas de lactobacilos. Se identificaron como bacilos Gram-positivos, catalasa negativa y se clasificaron en las siguientes especies: *Lb. delbrueckii* supesp. *bulgaricus* (5,13%), *Lb. plantarum* var. *arabinosus* (23,1%), *Lb. casei* subesp. *pseudoplantarum* (12,8%), *Lb. casei* subesp. *rhamnosus* (17,9 %), *Lb. acidophilus* (23,1%), *Lb. helveticus* (5,13%), *Lb. fermentum* (10,3%) y *Lb. brevis* (2,6%). *Lb. plantarum* fue una de las especies predominantes en las identificaciones de bacilos, lo que concuerda con trabajos similares realizados en leche de cabra (Badis et al., 2004). Olarte y colaboradores (2000) demostraron la presencia de *Lb. plantarum* en otras variedades quesos de cabra. Mathara (2004) identificó a *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. rhamnosus* y *Lb. fermentum* en productos lácteos fermentados y puso de manifiesto que estas especies representan más del 60% de los lactobacilos aislados. Además, Medina (2001) demostró que el 8% de Lactobacilos aislados a partir de leche de oveja y queso en el norte de Argentina pertenecían a *Lb. acidophilus*. De las 128 cepas de levaduras, las especies encontradas en un mayor porcentaje fueron *Candida versatilis* (13,27%), *Candida etchellsii* (13,27%), *Pichia anomala* (11,50%), *Debaryomyces hansenii* (8,88%), entre otras. La frecuencia de las especies restantes estuvo entre 0,88 y 6,19%. Varios autores han demostrado que las levaduras prevalentes asociados típicamente con los quesos son *D. hansenii*, *K. marxianus*, *Yarrowia lipolytica* y varias especies de *Candida* (Boreli et al., 2006, Mehlomakulu, 2011).

## **4.2. Caracterización tecnológica de los aislados**

### **4.2.1. Tasa de acidificación y pH a la coagulación de BAL**

Las pruebas de coagulación mostraron que el 100 % de las cepas aisladas coagularon la leche en menos a las 24 hs; 41,6 % dentro de las 10 horas y sólo el 33% dentro de las 5 horas. En orden descendente el valor de la velocidad de acidificación de las cepas aisladas fue: *Lb. helveticus* (0,094), *Lb. delbrueckii* subesp. *Bulgaricus* (0,093), *Lb. fermentum* (0,092), *Lb. plantarum* var. *arabinosus* (0,0921), *Lb. casei* subesp. *rhamnosus* (0,091), *Lb. casei* subesp. *pseudopantarum* (0,085), *Lb. brevis* var. *brevis* (0,08). Este parámetro es considerado un factor fundamental en la elección de cepas iniciadoras, el que asegura que los quesos tengan un rápido descenso de pH y una adecuada degradación enzimática de la caseína (Oliszewski, 2006). La capacidad de acidificación, expresada como pH de la leche al momento de la coagulación, mostró que *Lb. helveticus* provocó un pH de 5,40 a las 5 horas, llegando a un pH final de 4,16 a las 24 hs; en tanto que *Lb. delbrueckii* subesp. *bulgaricus* y *Lb. fermentum* produjeron la coagulación de la leche a las 7 horas, con valores de pH de 4,81 y 4,92, obteniendo valores finales de pH de 4,19 y 4,21 respectivamente. Algunas de las especies estudiadas son similares a las obtenidas por Oliszewski (2006) y Cheriguene (2007).

### **4.2.2. Actividad proteolítica de BAL y levaduras**

Entre las cepas que demostraron tener esta actividad se encuentran las siguientes: *Lb. delbrueckii* supesp. *bulgaricus* (2 cepas), *Lb. casei* subesp. *pseudopantarum* (5 cepas), *Lb. Plantarum* var. *arabinosus* (4 cepas), *Lb. casei* subesp. *rhamnosus* (2 cepas), *Lb. acidophilus* (6 cepas), *Lb. helveticus* (1 cepa), *Lb. brevis* var. *brevis* (1 cepa) y *Lb. fermentum* (3 cepas). Sin embargo, se observaron diferencias en la eficiencia de la hidrólisis de la caseína, siendo *Lb. fermentum* (1 cepa) la que obtuvo una zona clara de 7 mm de diámetro, *Lb. casei* subesp. *pseudopantarum* (1 cepa) con 6,3 mm y *Lb. brevis* var. *brevis* (1 cepa) con 6,2 mm entre las cepas más relevantes. La actividad proteolítica de *Lb. casei* y *Lb. plantarum* concuerda con los resultados obtenidos por Herrero (2003). Settanni (2010) demostró que *Lb. brevis* y *Lb. plantarum*, dos especies clasificadas como NSLAB (Non Starter Lactic Acid Bacteria), con poca actividad proteolítica pueden poner en manifiesto el desarrollo de sabor en quesos. Entre las levaduras aisladas presentó mayor actividad proteolítica *Debaryomyces hansenii* (4 cepa; 5 mm) seguida por que *Wickerbamiella domerquiae* (1 cepa; 3,8 mm), *Zygosacharomyces rouxii* (2 cepas; 3,5 mm), *Cándida magnoliae* (2 cepas; 3 mm), *Pichiacanadensis* (1 cepa; 2,5 mm) y *Kluyveromyces lactis* (2 cepas; 2 mm). La actividad proteolítica de la especie *D. hansenii* es variable. Numerosos autores informaron la ausencia de esta especie (Welthagen and Viljoen, 1998; Van den Tempel and Jakobsen, 2000), mientras que estudios recientes de Klein (2002) y Bintsis (2003), determinaron la actividad proteolítica intracelular en cepas aisladas de quesos. Recientemente, se ha demostrado que algunas especies de levaduras, tales como *D. hansenii* y *K. lactis*, con frecuencia aisladas de quesos, pueden formar péptidos biológicamente activos (Chaves-López et al., 2012) o con actividades antioxidantes y antígenotóxicas (Trotta et al., 2012).

### **4.2.3. Actividad Lipolítica de BAL y levaduras**

En este estudio, la actividad lipasa extracelular se exhibió por sólo unas pocas cepas *Lb. plantarum* var. *arabinosus* (2 cepas), mientras que solo el 14,2% de las cepas de levaduras presentaron lipólisis. De estas cepas las que obtuvieron mayor actividad fueron *Dekkera bruxellensis* (4 cepas, 4 mm), *Pichia canadensis* (3 cepas, 3mm), *Debaryomyces hansenii* (2 cepas, 5 mm) y *Pichia anómala* (1 cepa, 2 mm). Suzii y

colaboradores (2001) han informado sobre la alta actividad lipolítica de las levaduras y su contribución a la maduración del queso. La especificidad de la lipasa y el posterior metabolismo de los ácidos grasos libres son importantes para la caracterización aromática de los quesos. El olor característico de los quesos frescos puede provenir de la fracción lipídica y de la cantidad de ácidos grasos libres, el ácido 4-metiloctanoico y el ácido 4-etiloctanoico pueden ser los principales responsables de esta característica (Gaborit et al., 2001).

#### **4.2.4. Producción de acetoina y asimilación del citrato de levaduras**

La mayoría de las cepas mostraron capacidad para fermentar la glucosa (42,5%), Las levaduras identificadas que presentaron mayor porcentaje de esta actividad fueron *Candida versatilis*, *Pichia anómala* y *Candida lactis-condensi*, las que fueron capaces de asimilar y fermentar la lactosa. La asimilación de lactato se observó en la mayoría de las cepas, mientras que la asimilación de citrato fue una característica de *Candida etchellsii*, y *Candida novakii*. Alternativamente, hay un gran interés en la posibilidad de la producción de ácido cítrico por diferentes cepas de levadura. Las levaduras pertenecientes a especies *Yarrowia* (syn. *Candida*, *Saccharomycopsis*, *Endomycopsis*) *lipolytica*, *C. guilliermondii* y *C. oleophila* son conocidas por ser capaces de producir un amplio espectro de ácidos orgánicos, incluidos los intermediarios del ciclo tricarboxílico, tales como ácido cítrico y ácido isocítrico, a partir de una amplia gama de fuentes de carbono, en particular, los n-alcanos, glucosa, glicerol, etanol y galactosa (Kamzolova et al., 2006). El citrato al igual que la producción de acetoina, son precursores importantes para los compuestos de sabor en ciertas variedades de quesos (Fox, 2000).

### **5. Conclusiones**

La evaluación de la diversidad de BAL y de levaduras obtenidas en este estudio pone de manifiesto su fuerte influencia en los procesos tradicionales de producción y en las características organolépticas de los quesos regionales. Las cepas seleccionadas en base a su velocidad acidificante y capacidad de coagulación, tales como *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii* subesp. *bulgaricus* y *Lb. fermentum*, podrían ser utilizadas como cepas iniciadoras, mientras que, *Lb. casei* subesp. *pseudoplantarum* y *Lb. plantarum* var. *arabinosus* demostraron tener una buena actividad como co-iniciadores para la fabricación de quesos. En cuanto a las especies de levadura, fueron diversas y específicas de la zona. En particular, considerando que algunas cepas de *Debaryomyces hansenii*, *Dekkera bruxellensis*, *Candida versatilis* y *Candida etchellsii*, que proporcionaron características tecnológicas deseables como proteólisis, lipólisis y producción de acetoina, pueden ser utilizadas como parte de un estarter destinado a la producción de quesos frescos con origen geográfico específico.

### **6. Bibliografía.**

- Badis, A., Guetarni, D., Boudjema, M.B., Henni, D.J. and Kihal, M. 2004. Identification and technological properties of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk of four Algerian races. Food Microbiol, 21, 579-588.
- Barnett, J.A., Payne, R.W. and Yarrow, D. (2007). Yeasts characteristics and Identification. Third Edition. United Kingdom. Cambridge University Press.
- Bergey, 1860-1937 & Holt, John G (2000). Bergey's manual of determinative bacteriology (9th ed). Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore.
- Bintsis, T., Vafopoulou-Mastrogiannaki, A., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Robinson, R.K. Protease, peptidase and esterase activities by lactobacilli and yeast isolates from Feta cheese brine. Journal of Applied Microbiology 2003, 95, 68-77.



- Borelli, Beatriz M., Elaine G. Ferreira, Inayara C. A. Lacerda, Glória R. Franco, Carlos A. Rosa. 2006. Yeast populations associated with the artisanal cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. November 2006, Volume 22, Issue 11, pp 1115-1119.
- Chaves-López, C., Tofalo, R., Serio, A., Paparella, A., Sacchetti, G., Suzzi, G., 2012. Yeasts from Colombian Kumis as source of peptides with Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity in milk. *International Journal of Food Microbiology* 159, 39-46.
- Chebeňová-Turcovská, V., Zeniřová, K., Kuchta, T., Pangallo, D., Brežná, B., 2011. Culture-independent detection of microorganisms in traditional Slovakian bryndza cheese. *International Journal of Food Microbiology* 150, 73–78.
- Cheriguene, A, F Chougrani, AMA Bekada, M El Soda, A Bensoltane. 2007. Enumeration and identification of lactic microflora in Algerian goats' milk. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6 (15), pp. 1854-1861.
- Fox P.F, (2002). "cheese overview". Academic press, London.
- Gaborit, P., Menard A., Morgan F. 2001. Impact of ripening strains on the typical flavour of goat cheeses. *International Dairy Journal* 11 (2001) 315–325.
- Herreros, M.A, J.M Fresno, M.J González Prieto, M.E Tornadijo. 2003. Technological characterization of lactic acid bacteria isolated from Armada cheese (a Spanish goats' milk cheese). *International Dairy Journal*. Volume 13, Issue 6, Pages 469–479.
- Kamzolova, S.V., Morgunov, G.I., Aurich, A., Perevoznikova, O.A., Shishkanova, N. V., Stottmeister, U. and Finogenova, T.V. 2006. Lipase Secretion and Citric Acid Production in *Yarrowia lipolytica* Yeast Grown on Animal and Vegetable Fat. *Food Technol. Biotechnol.* 43 (2) 113–122 (2005).
- Klein, N., Zourari, A., Lortal, S., 2002. Peptidase activity of four yeast species frequently encountered in dairy products and comparison with several dairy bacteria. *International Dairy Journal* 12, 853–861.
- Kurtzman, C.P., Fell, J.W., Boekhout, T., Robert, V., 2011. Methods for isolation, phenotypic characterization and maintenance of yeasts, 5th edn. In: Kurtzman, C.P., Fell, J.W., Boekhout, T. (Eds.), *The Yeasts, a Taxonomic Study*, vol. 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 87–110.
- Mac Faddin, J.F. (1980). *Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica*. Editorial Médica Panamericana.
- Mannu, L., Riu, G., Comunian, R., Frozzi, M.C., Scintu, M.F., 2002. A preliminary study of lactic acid bacteria in whey starter culture and industrial Pecorino Sardo ewes, milk cheese: PCR-identification and evolution during ripening. *International Dairy Journal* 12, 17–26.
- Mathara JM, Schillinger U, Kutima PM, Mbugua SK, Holzapfel WH (2004) Isolation, identification and characterization of the dominant microorganisms of kulenaoto: the Maasai traditional fermented milk in Kenya. *Int J Food Microbiol* 94:269–278.
- Medina, R.; Katz, M.; González, S.; Oliver, G. 2001. Characterization of the lactic acid bacteria in ewe's milk and cheese from Northwest Argentina. *Journal of Food Protection*, 64, 559-563.
- Mehlomakulu, Ngwekazi Nwabisa. 2011. Yeasts as adjunct starter cultures in cheese making. Tesis magister. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology. University of the Free State. Bloemfontein.
- Moulay, M., Aggad, H., Benmechernene, Z., Guessas, B., Henni, D.E. and Kihal, M. 2006. Cultivable Lactic Acid Bacteria Isolated from Algerian Raw Goat's Milk and Their Proteolytic Activity. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 1 (1): 12-18.

- Olarte, C., Sanz, S., Gonz  les-Fandos, E., Torre, P., 2000. The effect of a commercial starter culture addition on the ripening of an artisanal goat's cheese (Cameros cheese). *Journal of Applied Microbiology* 88, 421– 429.
- Oliszewski, 2006. Leche de cabra: su calidad y evaluación de starters lácticos caprinos regionales en la manufactura de productos fermentados. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Tucumán.
- Settanni, L. and Moschetti, G. 2010. Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology* 27. Pag. 691-697.
- Sørensen, L.M., Gori, K., Petersen, M.A., Jespersen, L., Arneborg, N., 2011. Flavour compound production by *Yarrowia lipolytica*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Debaryomyces hansenii* in a cheese-surface model. *International Dairy Journal* 21, 970–978.
- Suzzi, G., Lanorte, M. T., Galgano, F., Andrighetta, C., Lombardi, A., Lanciotti, R. &Guerzoni, M. E. (2001). "Proteolytic, lipolytic and molecular characterization of *Yarrowia lipolytica* isolated from cheese". *International Journal of Food Microbiology*, 69, 69 - 77.
- Terzic-Vidojevic, A., Vukasinovic, M., Veljovic, K., Ostojic, M., Topisirovic, L., 2007. Characterization of microflora in homemade semi-hard white Zlata cheese. *International Journal of Food Microbiology* 114, 36–42.
- Topisirovic, L., Kojic, M., Fira, D., Golic, N., Strahinic, I., Lozo, J., 2006. Potential of lactic acid bacteria isolated from specific natural niches in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology* 112, 230–235.
- Trotta, F., Caldini, G., Dominici, L., Federici, E., Tofalo, R., Schirone, M., Corsetti, A., Suzzi, G., Cenci, G., 2012. Food borne yeasts as DNA-bioprotective agents against model genotoxins. *International Journal of Food Microbiology* 153, 275-280.
- Van den Tempel, T.; Jakobsen, M. 2000. The technological characteristics of *Debaryomyces hansenii* and *Yarrowia lipolytica* and their potential as starter cultures for production of Danablu. *International Dairy Journal*. Volume 10, Issue 4, Pages 263–270.
- Welthagen, J. J. & Viljoen, B. C. (1998). The presence of yeasts in different cheese types. In *Yeasts in the dairy industry: positive and negative aspects*, Jakobsen, M., Narvhus, J., Viljoen, B.C. (Eds.), Copenhagen, Denmark. *International Dairy Federation*, Brussels, Belgium, 78 - 87.

# **10TCA - EFECTO DE LA PROTEÓLISIS SOBRE LA TEXTURA DE QUESOS DE CABRA MADURADOS.**

**BURGOS, L.<sup>1</sup>; PECE, N.<sup>2</sup>; MALDONADO, S.<sup>1</sup>**

**1. Laboratorio IDeAR – CITA. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Ítalo Palanca 10 – (4600) Jujuy. Argentina  
e-mail: smaldonado@fi.unju.edu.ar**

**2. ICyTA. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Belgrano (S) 1912 – (4200) Santiago del Estero. Argentina**

## **Resumen**

Este trabajo propone el estudio del efecto de la proteólisis sobre la textura durante la maduración de quesos de cabra. Para ello se elaboraron quesos usando leche de cabra criolla de la Quebrada jujeña, se tomaron muestras a partir de las 5 horas de elaboración y a los 10, 20, 30, 40, 60 y 80 días de maduración. La proteólisis se estudió mediante la evolución de las fracciones mayoritarias de caseínas ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) determinadas por HPLC y de las fracciones nitrogenadas solubles, lo que permitió calcular el índice de maduración. Se determinó el perfil de textura utilizando un Texturómetro QTS 25. Se encontró que las  $\alpha$ -caseínas presentaron una hidrólisis acentuada a los 40 días de maduración, en cambio las  $\kappa$ -caseínas disminuyen continuamente hasta los 60 días. La fracción de nitrógeno soluble a pH 4,6 aumenta hasta los 30 días y sufre una disminución notable a los 40 días, tiempo a partir del cual disminuye lentamente. La dureza, la gomosidad, la adhesividad y la masticabilidad aumentaron abruptamente a los 40 días, aumentando luego lentamente hasta el final del estudio, lo que puede estar relacionado a la formación del nitrógeno soluble y a la degradación de las  $\alpha$ -caseínas durante la maduración. La proteólisis de la matriz de caseína de los quesos estudiados disminuye su velocidad a partir de los 40 días de maduración, tiempo en el cual se produjeron las principales modificaciones en el perfil de textura.

## **1. Introducción**

El queso es considerado un sistema bifásico constituido por una matriz de paracaseína que atrapa grasa y colonias de bacterias y una fase acuosa. Los cambios en la composición de la fase acuosa reflejan los fenómenos enzimáticos y fisicoquímicos que ocurren en la matriz durante la elaboración y maduración del producto (Boutrou et al. 2001).

La red proteica de los quesos está formada por las  $\alpha$  y  $\beta$ -caseínas, cuyas cadenas helicoidales forman celdas que encierran los glóbulos de grasa, haciendo que la relación de grasa: proteína en la leche sea crítica (Castañeda, 2002), así como el contenido de minerales. Un incremento en el contenido de materia grasa y de agua debilita la estructura proteica, mientras que una disminución de los mismos provoca un endurecimiento en el queso. La textura de los quesos es el resultado de la organización estructural de sus principales componentes, sometida a cambios durante la maduración (Inocente et al. 2002). Los cambios de las propiedades texturales se deben, en la mayoría de los quesos, a las modificaciones en la matriz de la proteína, principalmente a la degradación de la  $\alpha_{s1}$  y  $\beta$  caseína (Park et al, 2001).

Buffa et al. (2001) afirman que el desarrollo de la textura de los quesos durante la maduración se produce en dos fases. La primera fase se presenta entre la primera y segunda semana de maduración, cuando suceden rápidos cambios asociados al

debilitamiento de la red de caseína por la acción del cuajo, provocando una hidrólisis sobre el 20% de la  $\alpha_{S1}$ -caseína y dando como resultado el péptido  $\alpha_{S1}$  - I. La segunda fase, involucra un cambio más gradual en la textura del queso, el rompimiento del resto de la  $\alpha_{S1}$ -caseína y de las demás caseínas, lo que ocurre durante un tiempo más prolongado, medido en meses más que en días.

Según Jaros et al. (2001) las propiedades texturales del queso se ven afectadas por su composición fisicoquímica, siendo importantes el contenido de grasa, proteínas y humedad, la tecnología de procesamiento y la intensidad de la proteólisis.

La textura del queso es una de las características que determina su identidad y calidad. Cada tipo de queso presenta una estructura única, la que junto con las características de sabor, determinan su calidad y la aceptabilidad del consumidor (Inocente et al., 2002; Wium et al., 2002).

Para conocer la etapa de maduración de quesos de cabra elaborados con leche de la región de la Quebrada jujeña, es importante determinar los efectos de la proteólisis sobre los parámetros de textura y evaluar la existencia de correlación entre ambos.

## **2. Materiales y métodos**

Se trabajó con leche proveniente de una majada conformada por cabras criollas, pertenecientes a un tambo caprino ubicado en la Quebrada de Humahuaca, de la localidad de Bárcena del Departamento de Tumbaya, Jujuy, Argentina, con alimentación por pastoreo y sin suplementación.

La leche para estudio se trasladó al laboratorio, refrigerada y en envases de acero inoxidable, inmediatamente después del ordeño.

Para la elaboración de los quesos se pasteurizó la leche cruda (65°C, 30 min). Se enfrió hasta 38°C y se agregó fermento láctico CHR HANSEN RST 743. Simultáneamente se agregó 0,02% (p/v) de  $\text{CaCl}_2$ . Se adicionó cuajo comercial líquido CHYMAX a razón de 50 ml cada 100 litros de leche. Luego se cortó la cuajada con una lira hasta obtener granos de un tamaño de 1,5 cm. Se dejó reposar la cuajada y se desueró. Se realizó salado en seco y en capas, por agregado de NaCl directamente sobre la cuajada y durante el moldeo. Luego del prensado el producto salado se almacenó en cámara frigorífica durante 30 días a 10°C y 90% de humedad relativa. Se extrajeron un mínimo de tres muestras del lote en maduración para el estudio de la lipólisis, la proteólisis y el análisis de textura, en los siguientes tiempos:  $t_1$ : 5 horas,  $t_2$ : 20 días,  $t_3$ : 40 días,  $t_4$ : 60 días y  $t_5$ : 80 días.

Se evaluó la evolución de las fracciones nitrogenadas: nitrógeno no caseínico o soluble a pH 4,6 (NpH4,6), nitrógeno no proteico o soluble en ácido tricloroacético 12% (NTCA) y nitrógeno soluble en ácido fosfotúngstico al 5% (NPTA). Se utilizó la metodología descrita por Bernal et al., (2001). La determinación de Nitrógeno, tanto en las muestras de queso como en las distintas fracciones nitrogenadas, se realizó por el método de Kjeldahl (AOAC 955.04 c). La relación entre la fracción de nitrógeno soluble y la proteína se expresó como el índice de maduración (% del Nitrógeno total).

Se estudió la variación de las fracciones mayoritarias de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ -caseína, la determinación de las mismas se realizó por cromatografía HPLC de intercambio iónico, siguiendo la metodología descrita por Veloso et al. (2002).

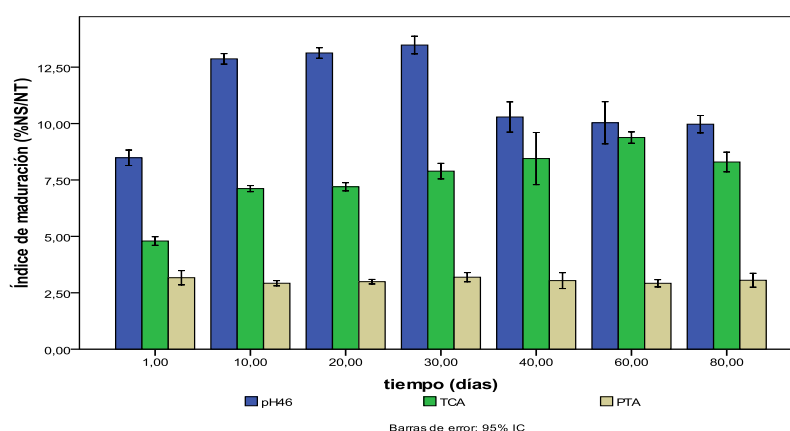
Para el estudio de los cambios texturales de los quesos se utilizó un Analizador de Textura QTS 25 con una sonda cilíndrica de acrílico de 26 mm de diámetro. Se obtuvieron cubos de 2 cm x 2 cm x 2 cm de cada queso elaborado. Se analizaron tres muestras de quesos de cada tiempo, a temperatura de refrigeración (7 °C). El perfil de textura fue determinado a partir de una doble compresión. La velocidad de descenso fue de 2 mm/s, con un grado de compresión del 25% de la altura de la muestra. Este test

proporcionó seis parámetros diferentes: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad.

Los datos obtenidos para cada tiempo se analizaron utilizando el análisis de la varianza y prueba de Rangos Múltiples de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

### 3. Resultados y discusión

La proteólisis es el conjunto de reacciones que involucran la degradación de las proteínas a péptidos de diversos tamaños y aminoácidos libres, impartiendo su efecto sobre la textura y el flavor del queso (Ramonda, 2009). La variación de las concentraciones de los diferentes aminoácidos está relacionada con la tecnología de fabricación, el tiempo de maduración y el grado de proteólisis (Pintado et al., 2008; Pino et al., 2009). En la Figura 1 se muestra la evolución de las fracciones nitrogenadas solubles a pH 4,6; en ácido tricloroacético (TCA) y en ácido fosfotúngstico (PTA).



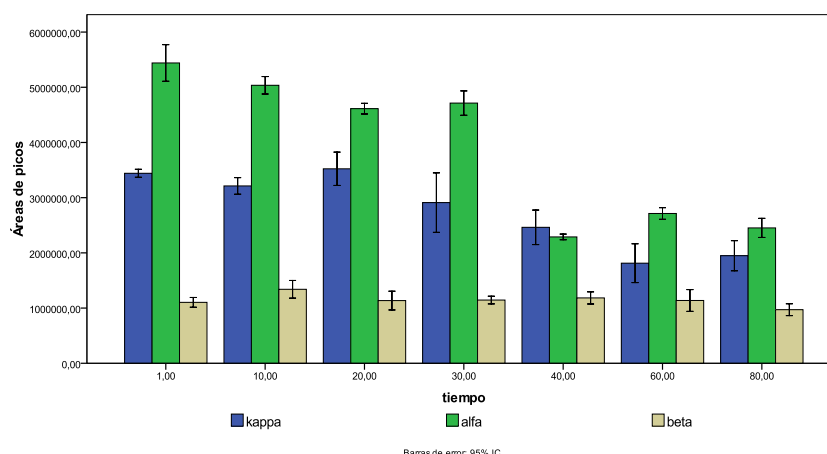
**Figura 1.** Índice de maduración de las fracciones nitrogenadas del queso de cabra.

Se observa que la extensión de la proteólisis, determinada por el Nitrógeno Soluble a pH 4,6, aumenta hasta los 30 días y sufre una disminución notable a los 40 días, tiempo a partir del cual disminuye lentamente. Los valores obtenidos durante los 80 días de maduración fueron inferiores a los reportados por Tejada et al. (2008), Pino et al. (2009) Ferrandini et al. (2011) y Oliszewski et al. (2008), demostrando una proteólisis escasa y mayoritaria a los 30 días de maduración.

Según Bustamante et al. (2003) el incremento en Nitrógeno Soluble a pH 4,6 durante las primeras etapas de la maduración es causado por la actividad de proteasas endógenas en la leche, el coagulante residual y en menor medida la actividad residual de las proteasas del fermento. La disminución que se observa a partir de los 30 días podría deberse a que los péptidos producidos por la degradación de las caseínas son pequeños, lo que coincide con el incremento continuo de la fracción de Nitrógeno soluble en TCA hasta los 60 días de maduración. Esta fracción se considera un índice de profundidad de la maduración, ya que se compone principalmente de nitrógeno amoniacal, péptidos pequeños de 2 a 20 residuos y aminoácidos libres, producidos por enzimas de origen microbiano que actúan sobre los grandes péptidos liberados por la quimosina y sobre  $\alpha$ -caseína (Prieto et al., 2004). El aumento de la fracción de Nitrógeno soluble en TCA con el tiempo de maduración también fue reportado por Tejada et al. (2008), quienes informaron una proteólisis de profundidad intermedia hasta los 60 días, en quesos de cabra madurados.

Durante el tiempo de estudio la fracción PTA no presentó diferencias significativas en similitud a los informado por Delgado et al. (2012) y Pino et al. (2009). Esta fracción

proporciona un índice de la producción de aminoácidos libres durante la maduración del queso y se relaciona con el nitrógeno amoniacal, que refleja la capacidad de la desaminación ejercida sobre los aminoácidos libres por parte de la biota microbiana (Prieto et al., 2004). Al no presentar cambios durante los 80 días de maduración se podría suponer una baja capacidad de desaminación del cultivo láctico utilizado. En la Figura 2 se presenta la evolución de las áreas de los picos de las fracciones de caseínas, determinadas por HPLC.



**Figura 2.** Estudio de las fracciones de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$  caseína del queso de cabra.

De acuerdo a la Figura 2 se observa que las  $\alpha$ -caseínas presentaron una hidrólisis acentuada a partir de los 30 días de maduración, en cambio las  $\kappa$ -caseínas disminuyen gradualmente hasta los 60 días.

Los resultados en las  $\alpha$ -caseínas podrían deberse a la enzima coagulante residual, que es uno de los principales agentes proteolíticos en quesos de pasta blanda o semidura, lo que produce un aumento paralelo de la firmeza del gel (Tabla 2). Otra enzima que contribuye a la proteólisis de las caseínas es la plasmina, que constituye la enzima nativa de mayor concentración en la leche. Los sustratos preferenciales de la plasmina son las caseínas  $\beta$  y la  $\alpha_2$  (Vélez, 2013), fracción principal de las caseínas del queso de cabra. En este caso la proteólisis de las  $\alpha$ -caseínas se acentúa a partir de los 30 días, lo que se refleja en la fracción de nitrógeno soluble a pH 4,6 (Figura 1) y muestra que la extensión de la proteólisis presenta su principal cambio en ese tiempo de maduración.

La hidrólisis de las  $\kappa$ -caseínas no presenta diferencias significativas a partir de los 60 días, al igual que las  $\beta$ -caseínas. Este comportamiento podría atribuirse a la presencia de *Streptococcus thermophilus* en el fermento, cuyas cepas cuentan con las proteinasas capaces de hidrolizar  $\beta$ - y  $\kappa$ -caseínas (McSweeney, 2004).

El grado de hidrólisis de las caseínas influye en la firmeza del queso, siendo la proteólisis de la  $\alpha$ -caseína la relacionada con la textura de quesos blandos y duros (Figuerola Echeverría, 2006). Por su parte la  $\kappa$ -caseína influye en la dureza del queso ya que es función de la dimensión de las micelas, por lo que un menor tamaño de la micela produce una mayor retención de sólidos, mejorando así la firmeza del coagulo (Guevara Garay et al., 2014).

El comportamiento encontrado de las  $\beta$ - y las  $\kappa$ -caseínas coincide con el de la fracción de nitrógeno soluble TPA, por lo cual puede afirmarse que la proteólisis en los quesos analizados se produce en mayor profundidad a los 60 días de maduración, presentando sus principales cambios a los 30 días.

Los cambios en los parámetros de textura durante la maduración se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros de textura de los quesos madurados.

Tiempo (días)	Dureza (N)	Gomosidad (N)	Adhesividad (N s)	Cohesividad	Masticabilidad (N cm)	Elasticidad (cm)
Inicial	4,5±0,4 <sup>(a)</sup>	3,7±0,2 <sup>(a)</sup>	-0,24±0,01 <sup>(a)</sup>	-0,83±0,04 <sup>(a)</sup>	0,64±0,07 <sup>(a)</sup>	0,16±0,01 <sup>(a)</sup>
20	10,1±0,5 <sup>(b)</sup>	5,1±0,9 <sup>(a)</sup>	-0,053±0,001 <sup>(b)</sup>	-0,57±0,02 <sup>(c)</sup>	1,6±0,1 <sup>(b)</sup>	0,24±0,03 <sup>(b)</sup>
30	34±5 <sup>(c)</sup>	10±5 <sup>(a)</sup>	-0,02±0,01 <sup>(c)</sup>	-0,76±0,03 <sup>(ab)</sup>	1,8±0,3 <sup>(b)</sup>	0,16±0,01 <sup>(a)</sup>
40	118±14 <sup>(d)</sup>	81±13 <sup>(b)</sup>	-0,046±0,001 <sup>(bc)</sup>	-0,74±0,05 <sup>(b)</sup>	32±5 <sup>(c)</sup>	0,358±0,007 <sup>(c)</sup>
60	115±31 <sup>(d)</sup>	94±14 <sup>(b)</sup>	-0,02±0,01 <sup>(c)</sup>	-0,75±0,03 <sup>(b)</sup>	15±3 <sup>(d)</sup>	0,151±0,009 <sup>(a)</sup>
80	125±7 <sup>(d)</sup>	94±2 <sup>(b)</sup>	-0,02±0,01 <sup>(c)</sup>	-0,75±0,02 <sup>(b)</sup>	14,85±0,05 <sup>(d)</sup>	0,155±0,003 <sup>(a)</sup>

Valores promedio en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05).

En cuanto a los parámetros de textura se encontró que la dureza y la gomosidad aumentaron durante el tiempo de estudio, ambas aumentaron significativamente a los 40 días de maduración sin presentar cambios hasta el final del estudio. Esto puede relacionarse con las modificaciones ocurridas en la matriz de caseínas, ya que las  $\alpha$ -caseínas produjeron sus principales cambios a igual tiempo de maduración, lo que demuestra una correlación positiva entre la dureza y el contenido de  $\alpha$ -caseínas.

La masticabilidad aumentó significativamente hasta alcanzar un máximo a los 40 días de maduración; a los 60 días se obtuvo una disminución de la masticabilidad, valor que se mantuvo constante hasta los 80 días. El descenso observado está influenciado por los cambios en la elasticidad, ya que cuando más maduro está el queso más energía se requiere para masticarlo, debido a que la dureza y la cohesión aumentan en la misma proporción.

Según se muestra en la Tabla 1 la adhesividad y la cohesividad mostraron un aumento al neto al final de la maduración, lo que puede relacionarse a la formación del nitrógeno soluble y a la degradación de la caseína durante la maduración, coincidiendo con lo indicado por Álvarez et al. (2007) y Osorio et al. (2004). La adhesividad no presentó cambios significativos a partir de los 30 días de maduración, efecto coincidente al encontrado en las  $\beta$  y  $\kappa$ - caseínas y la fracción de nitrógeno soluble TCA.

La cohesividad presentó un máximo (-0,57) a los 20 días de maduración y la elasticidad a los 40 días (0,358 cm), debido al hecho de que conforme aumenta la elasticidad del queso también aumenta su resistencia a la deformación, por la flexibilidad de los enlaces internos, razón por la cual también aumenta la cohesividad. Van Hekken et al. (2002) y Delgado et al. (2011) informaron comportamientos similares en quesos de cabras de pasta blanda.

#### 4. Conclusiones

La proteólisis de la matriz de caseína de los quesos de cabra estudiados, disminuye su velocidad a partir de los 40 días de maduración, lo que se refleja en la disminución del contenido de las  $\alpha$ -caseínas, coincidentemente con una disminución en la fracción de nitrógeno soluble a pH 4,6, lo que indica que los quesos presentan proteólisis con una extensión corta.

La dureza, la gomosidad y la masticabilidad aumentan acentuadamente a los 40 días de maduración, conforme disminuye el contenido de humedad y el contenido de  $\alpha$ -caseínas, demostrando la influencia de la proteólisis sobre la textura del queso de cabra.

#### 5. Bibliografía

Álvarez S; Rodríguez V; Ruiz ME; Fresno M. (2007). Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. Archivos de Zootecnia 56 (Sup. 1):663-666.

- A.O.A.C. (1995). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist.
- Bernal SM; Palma S, Hynes ER, Perotti MC. (2001). Determinación de fracciones nitrogenadas para el seguimiento de la maduración de quesos. *Revista Argentina de Lactología*, 20: 10-18.
- Boutrou, R., Gagnaire. V. (2001). Casein in relation to cheese. *International Dairy Federation*. 369: 13-15.
- Buffa, M. N., Trujillo, A. J., Pavia, M., y Guamis, B. (2001). Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal*, 11(11), 927-934.
- Bustamante MA, Virto M, Aramburu M, Barrón LJR, Pérez-Elortondo FJ, Albisu M. (2003). Lamb rennet paste in ovine cheese (Idiazabal) manufacture. Proteolysis and relationship between analytical and sensory parameters. *International Dairy Journal*, 13(7), 547–557.
- Castañeda, R. (2002). La reología en la tipificación y la caracterización de quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 20 (26): 48- 53
- Delgado FJ, González Crespo J, Cava R, Ramírez R. (2011). Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME–GC–MS. *Food Chemistry*, 129(3), 1156-1163.
- Delgado FJ, González Crespo J, Cava R, Ramírez R. (2012). Changes in microbiology, proteolysis, texture and sensory characteristics of raw goat milk cheeses treated by high-pressure at different stages of maturation. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 268-275.
- Figuerola Echeverría, J.A. (2006). Perfil textural de queso Chanco comercial elaborado en tres regiones de Chile. Tesis de grado Lic. en Cs. de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://www.cybertesis.uach.cl>
- Ferrandini E, López MB, Castillo M, Laencina J. (2011). Influence of an artisanal lamb rennet paste on proteolysis and textural properties of Murcia al Vino cheese. *Food chemistry*, 124(2), 583-588.
- Guevara Garay, L.A., Cuartas Castaño, D. A., & Llano Naranjo, F. (2014). Kappa caseína de la leche: aspectos bioquímicos, moleculares, productivos y nutricionales. *Revista Médica de Risaralda*, 20(1), 29-33.
- Inocente, N., Pittia, P., Stefanuto, O., & Corradini, C. (2002). Correlation among instrumental texture, chemical composition and presence of characteristic holes in a semi-hard Italian cheese. *Milchwissenschaft*, 57(4), 204-207.
- Jaros, D., Petrag, J., Rohm, H., & Ulberth, F. (2001). Milk fat composition affects mechanical and rheological properties of processed cheese. *Applied Rheology*, 11(1), 19-25.
- Oliszewski R, Van Nieuwenhove C, González S, Chaia AP. (2008). Influence of autochthonous Argentine goat lactobacillus in ripening of slurry cheese models. *International journal of dairy technology*, 61(3), 256-264.
- Osorio JP, Ciro HJ, Mejía LG. 2004. Caracterización textural y fisicoquímica del queso EDAM. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 57(1): 2275-2286.
- Park, Y. W. (2001). Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese. *Journal of Dairy Science*, 84, E84-E92.
- Pino A, Prados F, Galán E, Vivo R, Fernández Salguero J. (2009). Amino acids evolution during ripening of goats' milk cheese manufactured with different coagulants. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 2062–2069.



- Pintado AI, Pinho O, Ferreira MPL, Pintado MM, Gomes AM, Malcata FX. 2008. Microbiological, biochemical and biogenic amine profiles of Terrincho cheese manufactured in several dairy farm. *International Dairy Journal*, 18: 631–640.
- Prieto B, Franco I, Fresno JM, Prieto JG, Bernardo A, Carballo J. (2004). Effect of ripening time and type of rennet (farmhouse rennet from kid or commercial calf) on proteolysis during the ripening of León cow milk cheese. *Food Chemistry*, 85(3), 389–398.
- Ramonda MB. 2009. Desarrollo de un modelo basado en métodos estadísticos para la predicción del tiempo de maduración de Quesos Argentinos. Tesis de post grado de Doctor en Química. Universidad Nacional del Litoral. Disponible en: [bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis.pdf](http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis.pdf)
- Tejada L, Abellán A, Cayuela JM, Martínez Cacha A, Fernández Salguero J. (2008). Proteolysis in goats' milk cheese made with calf rennet and plant coagulant. *International Dairy Journal*, 18(2), 139–146.
- Van Hekken DL, Tunick MH, Park YW. (2002). Effect of frozen storage on the proteolysis and rheology of soft goat milk cheese. *Journal of Animal Science* 80/*Journal of Dairy Science* 85(1):254.
- Wium, H., Euston, S. R., & Qvist, K. B. (2002). Structure-texture relationships in model cheeses. *Australian journal of dairy technology*, 57(2).
- Vélez, M. A. (2013) Influencia de la actividad de las enzimas nativas de la leche lipoproteína lipasa y plasmina en la lipólisis y la proteólisis de quesos duros de pasta cocida. Tesis de posgrado de Doctor en Biología. Universidad Nacional del Litoral. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis/handle/1/577>.
- Veloso, A. C., Teixeira, N., & Ferreira, I. M. (2002). Separation and quantification of the major casein fractions by reverse-phase high-performance liquid chromatography and urea–polyacrylamide gel electrophoresis: Detection of milk adulterations. *Journal of Chromatography A*, 967(2), 209-218.

## **11TCA - CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS EN MIELES DE ACUERDO A SU ORIGEN FLORAL**

**CIAPPINI, M.**

**CIDTA. Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. E.  
Zeballos 1341 – (2000) Rosario. Argentina  
E-mail: [mcciappini@frro.utn.edu.ar](mailto:mcciappini@frro.utn.edu.ar)**

### **Resumen**

El interés por los compuestos fenólicos presentes en las mieles se ha reforzado recientemente, con el propósito de explicar su acción antibacteriana y antioxidante. El interés por los antioxidantes se basa en la capacidad de estos de prevenir enfermedades de variada naturaleza, teniendo gran importancia los alimentos que puedan aportarlos a la dieta. Su presencia en las mieles se relaciona también con su rol potencial como marcadores bioquímicos, para autenticar su origen geográfico y/o botánico. El objetivo de este trabajo fue identificar compuestos fenólicos en mieles monoflorales y relacionar su presencia y concentración con el origen botánico, determinado palinológicamente. Para ello, se recolectaron 20 muestras de miel en apiarios de la región fitogeográfica pampeana. Para la caracterización palinológica de las mieles se efectuó un análisis microscópico cualitativo. El análisis de compuestos fenólicos se realizó por HPLC, sobre extractos concentrados obtenidos a partir de las muestras de miel, tratados con resina polimérica no iónica XAD-2, para eliminar los azúcares. Entre los compuestos fenólicos analizados, se identificaron 13 flavonoides: apigenina, crisina, galangina, isoramnetina, kaempferol, quercetina, pinocembrina, pinobanksina y ácidos cafeico, ferúlico y sirínico; en cambio, no se detectó miricetina. Las mieles de eucalipto se destacaron por presentar los mayores contenidos de apigenina y kaempferol. Los valores de kaempferol estuvieron comprendidos entre 0,1 y 9,3 mg/kg, su presencia es importante para el control de las concentraciones intracelulares de glutatión. En las mieles de alfalfa y tréboles, el compuesto mayoritario fue la quercetina, acompañado por los ácidos sirínico, cafeico, ferúlico y o- y p-cumárico. Los valores de quercetina detectados estuvieron comprendidos entre 7,0 y 69,8 mg/kg. Su importancia radica en que es uno de los compuestos que mejor reúne los requisitos para ejercer una efectiva función antioxidante. Al aplicar Análisis de Componentes Principales al conjunto de variables referidas al contenido de compuestos fenólicos, estos se pudieron correlacionar con el origen floral de las mieles. Sin embargo, la discriminación efectiva de estas mieles a partir del perfil de compuestos fenólicos, se produjo para porcentajes de polen superiores a los establecidos legalmente, para otorgarle a cada miel su carácter monofloral. Se concluye que los pólenes secundarios y minoritarios presentes, ejercieron una influencia significativa en los compuestos fenólicos presentes, así como en sus concentraciones.

### **1. Introducción**

En el inicio del nuevo milenio, se han revalorizado algunos productos naturales. Se incorporaron conductas que tienden a reemplazar lo natural por lo sintético, recuperando así la importancia de la ingesta de uno de los néctares más antiguos y nobles: la miel, ya que esta y las abejas han acompañado al hombre a lo largo de la historia.

Gracias a la diversidad del clima, nuestro país tiene una gran variedad de recursos florales que hacen posible que las actividades relacionadas con el agro, se desarrollen en

casi todas las áreas de nuestro territorio y la apicultura se ha convertido en una actividad de gran relevancia para las economías regionales de la Argentina.

Cada tipo de miel posee características fisicoquímicas relacionadas con el origen botánico como el color, la acidez, el pH, el contenido de minerales, la conductividad eléctrica y los perfiles de azúcares. Otros análisis que contribuyen a discriminar algunas mieles monoflorales son los de prolina, actividad enzimática, ácidos fenólicos y flavonoides, oligosacáridos, compuestos aromáticos, ácidos alifáticos, aminoácidos y oligominerales.

El interés en los compuestos fenólicos de las mieles se ha reforzado recientemente, con el propósito de explicar la acción antibacteriana y antioxidante de las mieles. Se relaciona también con su rol potencial como marcadores bioquímicos para autenticar su origen geográfico (Darcy, 2005), botánico (Ajtoni et al., 2007) o ambos (Anklam y Radovic, 2001). Se reconoció a la hesperetina como marcador de las mieles de citrus y los ácidos siríngico, cumárico e hidroxibenzoico, se encontraron en mieles de *Erica* (Tomas Barberán et al., 2001); se aislaron compuestos derivados de ácidos aromáticos, como el siríngico y el fenilacético, en la miel de manuka, que podrían ser los responsables de su actividad antibacteriana (Weston et al., 2000). Mieles italianas también fueron estudiadas con respecto a su composición fenólica y se ensayó el efecto de los flavonoides presentes en estas mieles, como agentes protectores contra el daño oxidativo de los glóbulos rojos, con resultados positivos (Blasa et al., 2007). Los flavonoides crisina y pinocembrina se encontraron en mieles de limón y de algarrobo de la provincia de Tucumán, mientras que hesperetina y hesperidina, solo en las primeras (Isla et al., 2011). La determinación del patrón de flavonoides parecería ser útil para la clasificación de algunas pero no de todas las mieles monoflorales (Bogdanov et al., 2004).

El objetivo de este trabajo fue identificar compuestos fenólicos en mieles monoflorales de tréboles, eucalipto y alfalfa, para evaluar su uso como marcador de origen botánico y, en futuras investigaciones, relacionarlos con su actividad antioxidante y antimicrobiana.

## 2. Metodología

Se recolectaron 20 muestras de miel en apiarios de la región fitogeográfica pampeana argentina, que se caracteriza por ser pradera de gramíneas, que ha sido altamente alterada por el pastoreo y el desarrollo de diversos cultivos (*Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Glycine max* (L.) Merr., *Oryza sativa*) y cosechas de forrajes (*Lotus* sp., *Medicago sativa* L., *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L. y *Melilotus albus*), creando un importante recurso para la producción de miel en la región (Fagúndez y Caccavari, 2006).

Para la caracterización palinológica de las mieles se efectuó un análisis cualitativo según la técnica de Loveaux et al. (1978), normalizada por la International Commission for Bee Botany (ICBB) y adoptada como oficial por nuestra legislación alimentaria y por la normativa Mercosur. Se basa en el examen microscópico del sedimento de una solución de miel, obtenido por centrifugación. Si bien se han propuesto modificaciones para mejorar la precisión de este análisis, tanto en lo relacionado con la identificación del tipo de polen así como de su cuantificación, este método sigue siendo el más difundido y aplicado en el mundo (Von Der Ohe et al., 2004). Se determinaron los tipos morfológicos de los granos de polen con el mayor grado de aproximación taxonómica posible, confrontando los mismos con los atlas palinológicos usuales (Markgraf y D'Antoni, 1978; Erdtman, 1966) y con una colección de referencia proveniente de plantas recolectadas en las áreas de estudio durante la temporada apícola, perteneciente

a la Cátedra de Botánica de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario. Los montajes se hicieron en gelatina-glicerina y se utilizó un microscopio óptico Leitz Diaplan. La calificación de mieles monoflorales se hizo de acuerdo a la Res. SAGPyA N° 274/95.

El análisis de compuestos fenólicos se realizó por HPLC, sobre extractos concentrados obtenidos a partir de las muestras de miel, tratados con resina polimérica no iónica XAD-2, para eliminar los azúcares (Vivar Quintana et al., 1999). Se inyectó en un cromatógrafo Shimadzu LC 10-AS, con columna Lichrospher RP-18 (5-mm de 12,0 x 0,4 cm). Se utilizaron como eluentes ácido fórmico al 10% (solvente A) y metanol (solvente B) con un flujo en gradiente de 0,7 mL/min. La detección de picos se realizó a 290 nm y a 340 nm con un detector UV-visible SPD-10A. Para su identificación, se usaron sustancias patrones (SIGMA Chemical Company, St Louis, MO). De acuerdo a los antecedentes bibliográficos (Gheldof y Engeseth, 2002), se propuso la determinación de: apigenina, crisina, galangina, isoramnetina, kaempferol, miricetina, quercetina, pinocembrina, pinobanksina y ácidos cafeico, ferúlico y sirínico, o- y p-cumárico.

Para el análisis estadístico correspondiente a la caracterización de las muestras se utilizaron los paquetes estadísticos SAS® v. 9.3 (SAS Institute, Cary, USA, 2011) y XLSTAT (2011).

### 3. Resultados

De acuerdo al análisis palinológico, 6 muestras correspondieron a mieles de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), con un mínimo de 70% de granos de polen de dicha especie, 9 muestras eran mieles de tréboles, que incluyen pólenes de *Trifolium* sp., *Melilotus* sp., *Medicago sativa* y *Lotus* sp. y en 5 muestras, el porcentaje de polen de *Medicago sativa* alcanzó o superó el 20%, pudiendo calificarse como mieles de alfalfa.

El 75% de las mieles de tréboles también contenían, al menos, un 5% de polen de *Eucalyptus* sp. Tanto en las mieles de tréboles como en las de eucalipto, estuvieron presentes pólenes de *Helianthus annuus* y *Carduus* sp., en coincidencia con lo observado por Malacalza et al. (2005). Pólenes de *Melilotus*, *Trifolium* y *Lotus* estuvieron presentes en las mieles de eucalipto en porcentajes variables, pero inferiores al 8%, mientras que granos de polen de Brassicaceae y *Medicago sativa* no acompañaron al polen de eucalipto, o lo hicieron muy esporádicamente.

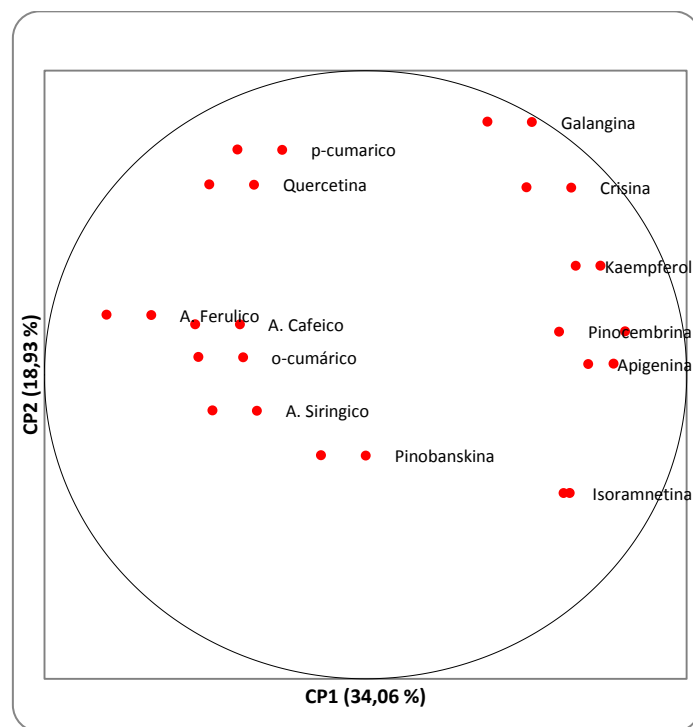
#### *Compuestos fenólicos determinados por HPLC*

Entre los compuestos fenólicos analizados, se identificaron 13 de los flavonoides analizados, en cambio, no se detectó miricetina. Los mismos compuestos fueron detectados en el néctar de las flores, en el polen y en los propóleos (Muñoz et al., 2007) y en mieles de otros orígenes florales (Baltrusaityt et al., 2007; Makawi et al., 2009).

En este estudio, las mieles de eucalipto se destacaron por presentar los mayores contenidos de apigenina y kaempferol. En las mieles de alfalfa y tréboles, el compuesto mayoritario fue la quercetina, acompañado por los ácidos sirínico, cafeico, ferúlico y o- y p-cumárico. Iurlina et al. (2011.a) encontraron que el flavonoide predominante para mieles de eucalipto y *Lotus* fue la quercetina, que representó alrededor del 45% del contenido de flavonoides totales.

Los valores de quercetina detectados en la miel de tréboles y alfalfa estuvieron comprendidos entre 7,0 y 69,8 mg/kg; fueron superiores a los encontrados en mieles egipcias (Hamdy et al., 2009). Los valores de kaempferol estuvieron comprendidos entre 0,1 y 9,3 mg/kg. En mieles inglesas se detectó kaempferol entre 1,4 y 4,6 mg/kg (Yao et al., 2004).

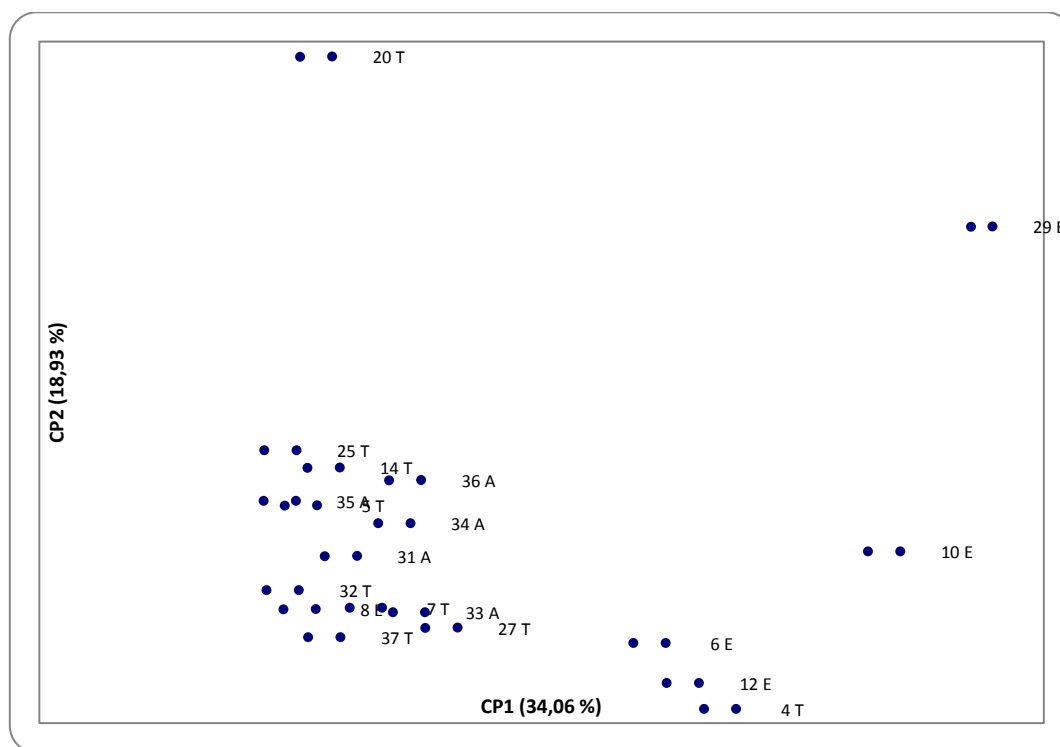
Al aplicar Análisis por Componentes Principales (ACP) al conjunto de variables referidas al contenido de compuestos fenólicos, el primer factor sintetizó muy bien a las variables pinocembrina, ácido ferúlico, apigenina, kaempferol e isoramnetina (Figura 1). El segundo factor dio cuenta principalmente de la variabilidad debida al contenido de galangina, ácido p-cumárico y quercetina y el tercer factor explicaría los contenidos de ácido cafeico y o-cumárico y de pinobanksina. Los valores propios de las componentes fueron:  $\lambda_1 = 4,43$ ,  $\lambda_2 = 2,46$  y  $\lambda_3 = 1,81$ , las cuales explicaron conjuntamente, el 76% de la variación total de los datos. La primera componente retuvo un 34,1% de la inercia total.



**Figura 1.** Correlaciones de las variables correspondientes al contenido de compuestos fenólicos en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa, representadas en la gráfica bidimensional de las dos primeras componentes principales.

En la Figura 2, correspondiente a la distribución de las mieles en el primer plano factorial, se observa que las mieles de eucalipto se orientan mayoritariamente a la derecha del origen (a excepción de la muestra 8); mientras que las mieles de tréboles lo hacen en el semiplano opuesto. A su vez y respecto a la segunda componente, un grupo de mieles tipificadas como mieles de alfalfa parecen ordenarse en un recinto próximo al origen, mientras que las correspondientes a tréboles y eucalipto se encuentran dispersas. Si se observan estos resultados en relación al contenido polínico de las muestras de miel de eucalipto, se comprueba que las muestras 10 y 29 poseen porcentajes de polen de esa especie superiores al 80%. Con respecto a la primera componente principal, estas son las dos muestras que tienen las mayores contribuciones. En las muestras 6 y 12, el contenido de polen de *Eucalyptus* sp. supera el 70% y el *Trifolium* sp. está presente como polen secundario (entre 17 y 21%), lo que explicaría su proximidad a muestras de tréboles. Finalmente, la muestra 8 posee 71% de polen de *Eucalyptus* sp., apareciendo *Salix* sp, *Trifolium* sp., *Carduus* sp. y Mirtaceae como pólenes minoritarios. En consecuencia, si bien en todas las muestras el porcentaje de polen de *Eucalyptus* sp.

permitió clasificarlas como monoflorales de eucalipto de acuerdo a la Resolución SAGPyA 274/95, el néctar aportado por las otras fuentes botánicas visitadas por las abejas, influyó en el perfil de los compuestos fenólicos presentes.



**Figura 2.** Distribución de las muestras de mieles según ACP de compuestos fenólicos (A: alfalfa, E: eucalipto, T: trébol)

La muestra 34 tiene una interesante riqueza polínica: *Medicago sativa* está acompañado por *Melilotus* sp., *Trifolium* sp., *Eucalyptus* sp., *Verbesina encelioides*, *Cycorea*, *Vicia* y *Gomphrena* sp. Sin embargo, en el plano factorial, se mantiene próxima a las otras muestras de miel de alfalfa. Particular interés despierta la muestra 33 que se reorienta entorno al vector correspondiente a la concentración de pinobanksina, alejándose de los vectores correspondientes a los ácidos cafeico, p-cumárico y a la quercetina. El porcentaje de polen de *Medicago sativa* presente en esta muestra es igual al 84%, muy superior al que se encuentra en las otras muestras, comprendidas en un intervalo que va desde 31% a 56%.

En relación a las muestras de miel de tréboles, muestran comportamientos diferentes las muestras 4 y 20. En la primera, el porcentaje de polen de *Melilotus* sp. es igual a 46,7%, acompañado por *Trifolium* sp., presente en un 22,4%. La muestra 20, en cambio, contiene sólo 3% de *Melilotus* sp. y el 84% de *Trifolium* sp.; es la muestra con mayor contribución respecto a la segunda componente principal. La muestra 27 contiene 39,4% de *Melilotus* sp. y 29,3% de *Trifolium* sp., y la muestra 25, 23,7% de *Melilotus* sp. y 50,8% de *Trifolium* sp.; ambas se ubican en el plano factorial, en posiciones que corroboran la orientación de las mieles de tréboles, según el contenido de pólenes de *Melilotus* sp. y *Trifolium* sp.

#### 4. Conclusiones

La determinación de compuestos fenólicos por HPLC, permitió verificar que los niveles de concentración de estos compuestos se modifican de acuerdo al origen floral de las

mieles. Los pólenes secundarios y minoritarios presentes en cada miel, ejercieron influencia en los compuestos fenólicos presentes, así como en sus concentraciones.

La discriminación efectiva de estas mieles a partir del perfil de compuestos fenólicos, se produjo para porcentajes de polen presentes superiores a los establecidos legalmente, para otorgarles su carácter monofloral, de manera que el uso de estos compuestos como marcadores de origen botánico, restringe el número de mieles que se podrían considerar como monoflorales.

Identificados los principales compuestos fenólicos en estas mieles, será de interés relacionar su presencia con la capacidad antioxidante y antibacteriana que puedan ejercer.

## 5. Bibliografía

Ajtony, Z.; Bencs, L.; Haraszi, R.; Szigeti, J.; Szoboszlai, N. (2007). Study on the simultaneous determination of some essential and toxic trace elements in honey by multi-element graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Talanta*, 71: 683-690.

Anklam, E.; Radovik, B.S. (2001). Review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63 (4): 549-562.

Baltrusaityt, V.; Venskutonia, P.R.; Ceksteryt, V. (2007). Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry*, 101: 502-514.

Basualdo, M.; Pereda, A.; Bedascarraburre, E. (2006). Caracterización botánica de mieles de la cuenca del Salado, Buenos Aires, Argentina. *RIA*, 35: 5-14.

Blasa, M.; Candiracci, M.; Accorsi, A.; Piacentini, M.P.; Piatti, E. (2007). Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. *Food Chemistry*, 104: 1635-1640.

Bogdanov, S.; Rufo, K.; Persano Oddo, L. (2004). Physico chemical methods for the characterization of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35: S4-S17.

Darcy, B. 2005. Antioxidants in Australian Floral Honey. *RIRDC Publication* 05/040.

Erdtman, G. 1966. *Pollen Morphology and plant taxonomy Angiosperms*. New York: Hafner Publ.

Fagúndez, G.A.; Caccavari, M.A. 2006. Pollen analysis of honeys from the central zone of the Argentine province of Entre Ríos. *Grana*, 45, 305-320.

Hamdy, A.A.; Ismail, H.M.; El-Moneim, A.; Ahwal, A. 2009. Determination of Flavonoid and Phenolic Acid Contents of Clover, Cotton and Citrus Floral Honeys. *J. Egypt Public Health Assoc*, 84(3) 245-259.

Louveaux, J.; Maurizio, A.; Vorwohl, G. 1978. Methods of Melissopalynology, *Bee World*, 59, 139-157.

Makawi, S.Z.; Gadkarie, E.A.; Ayoub, S.M. 2009. Determination of Antioxidant Flavonoids in Sudanese Honey Samples by Solid Phase Extraction and High Performance Liquid Chromatography. *e-Journal of Chemistry*, en <http://www.e-journals.net> 2009, 6(S1), S429-S437, consultada diciembre de 2011.

Markgraf, V.; D'Antoni, H.L. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. Tucson: The University of Arizona Press.

Martínez Florez, S.; González Gallego, J.; Culebras, J.M.; Tuñón, M.J. 2002. Los flavonoides: propiedades y sus acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp.*; 17 (6), 271-278.

Muñoz, O.; Copaja, S.; Speisky, H.; Peña, R.; Montenegro, G. 2007. Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante, *Quim. Nova*, 30 (4), 848-851.

- SAGPyA. 1995. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Resolución N° 274/95. Tipificación por origen botánico. Disponible en <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/apicola>, consultado: 12/12/10.
- Tomas Barberan, F.A.; Martos, I.; Ferreres, F.; Radovic, B.S.; Anklam, E. 2001. HPLC flavonoids profiles as markers for the origin of European monofloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 485-96.
- Vivar Quintana, A.M.; Baldi Coronel, B.M.; Sánchez, J.J.; Santos Buelga, C. 1999. Composición fenólica en mieles monoflorales de distinto origen. *Alimentaria*, 275, 93-98.
- Von Der Ohe, W.; Persano Oddo, L.; Piana, L.; Morlot, M.; Martin, P. 2004. Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35, S18-S25.
- Weston, R.J.; Brocklebank, L.K.; Lu, Y. 2000. Identification and quantitative levels of antibacterial components of some New Zeland honeys. *Food Chemistry*, 70 (4), 427-435.
- Yao, L.; Jiang, Y.; Singanusong, R.; D'Arcy, B.; Datta, N.; Caffin, N.; Raymond, K.F. 2004. Flavonoids in Australian Maleluca, Guioa, Lophostemosn, Banskia and Heliantus honeys and their potencial for floral authentication. *Food Research Internacional*, 37 (2), 166.174.



## 12TCA - CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE COMPUESTOS DE AROMA EN QUESOS DUROS ELABORADOS CON CEPAS DE *Lb. helveticus*

CUFFIA, F; PEROTTI, C.; HYNES, E.; WOLF, I; BERGAMINI, C

Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), Fac. Ing. Qca, UNL - CONICET.  
Santiago del Estero 2829, 3000, Santa Fe, Argentina. E-mail: [fcuffia@unl.edu.ar](mailto:fcuffia@unl.edu.ar)

### Resumen

El desarrollo de flavor en los quesos es un complejo proceso bioquímico que está directamente relacionado con las actividades enzimáticas de las bacterias lácticas utilizadas como starters. Las mismas cumplen un rol esencial durante la maduración ya que son capaces de transformar los compuestos precursores presentes en la matriz (aminoácidos, ácidos grasos), determinando el perfil sensorial de los quesos.

Es por ello que la selección de cepas en base a capacidad de formación de compuestos aromáticos constituye una estrategia interesante para acelerar o diversificar el flavor de quesos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de producción de compuestos volátiles de cepas de *Lb. helveticus*, comerciales (A y B) y pertenecientes al cepario del INLAIN (C y D), que se cultivaron individualmente en suero de queso estéril y se emplearon en la elaboración de quesos duros de pasta cocida.

La fracción volátil de los quesos se estudió por microextracción en fase sólida (SPME) y cromatografía gaseosa (GC) acoplada a un detector de ionización de llama (FID) y a un espectrómetro de masas (MS). Los 33 compuestos volátiles identificados fueron agrupados por familias químicas (aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos y ésteres) y expresados como porcentajes del área total.

Los quesos elaborados con la cepa A se caracterizaron por un predominio del grupo de los alcoholes (principalmente etanol), el cual representó aproximadamente un 50% del total de compuestos identificados. Los ácidos y los ésteres fueron otros grupos de relevancia, aconteciendo por un 20%, destacándose principalmente el ácido butírico y el butanoato de etilo. En el caso de la cepa B, el perfil de volátiles reveló un predominio de compuestos del grupo de los aldehídos (acetaldehído, benzaldehído, 2- y 3-metil butanal), los cuales superaron el 40%. Los restantes grupos en importancia fueron los ácidos, ésteres y cetonas, los cuales alcanzaron porcentajes similares (en torno al 15%), siendo sus máximos representantes el ácido butírico, ácido acético, diacetilo, acetoina y acetato de etilo. Los quesos elaborados con las cepas autóctonas, C y D, mostraron globalmente un perfil similar de compuestos volátiles. La composición de la fracción volátil fue dominada por compuestos del grupo de los ácidos (45 y 65%, respectivamente), siendo los ácidos butírico y hexanoico los mayoritarios. Los aldehídos fueron el segundo grupo en importancia (aprox. 25%) y en el caso de las cetonas, una mayor preponderancia se observó en los quesos C.

Este estudio muestra que las cepas autóctonas presentan un perfil de compuestos volátiles similar y se diferencian de las cepas comerciales, lo cual las hace buenas candidatas para el posterior estudio de su impacto en las características sensoriales de los quesos.

### 1. Introducción

El desarrollo de flavor en quesos es un complejo proceso bioquímico que está directamente relacionado con las actividades enzimáticas de las bacterias lácticas

utilizadas como starters (primarios o adjuntos), ya que son capaces de transformar los compuestos precursores presentes en la matriz (aminoácidos, ácidos grasos, carbohidratos) en una gran gama de compuestos aromáticos (Marilley et al 2004; Wilkinson y Kilcawley, 2005; Hannon et al., 2007; Jensen et al., 2010; Broadbent et al., 2011).

El rol fundamental del starter primario es producir ácido láctico a partir de la lactosa. Sin embargo, entre otras funciones importantes, también contribuyen directa o indirectamente al desarrollo de flavor durante la maduración del queso (Kiernan et al., 2000; Law, 2010). Con este mismo propósito se han incluido cepas de *Lb. helveticus* como cultivo adjunto en quesos Cheddar (Hannon et al., 2003).

En la elaboración de quesos duros de pasta cocido tales como Grana Padano (Lazzi et al., 2004), Parmiggiano Reggiano (Lazzi et al., 2004) y Reggianito (Reinheimer et al., 1996), es una práctica tradicional el uso de fermentos naturales de suero. Los mismos se preparan diariamente a partir de suero de una elaboración previa que se incuban en condiciones estandarizadas. Si bien la compleja y variable composición del suero fermento natural contribuye a lograr quesos con características sensoriales únicas, puede ocasionar que su performance sea impredecible y atente contra la constancia de calidad (Parente y Cogan, 2004).

La especie dominante de sueros fermentos procedentes de fabricaciones de quesos Reggianito resultó ser *Lb. helveticus*. El estudio de las características tecnológicas y moleculares (Reinheimer et al., 1995; Quiberoni et al., 1998) permitió seleccionar cepas, las cuales se incluyeron en como starter de quesos y se evaluó su influencia en los parámetros de maduración (Candioti et al., 2002; Hynes et al., 2004; Perotti et al., 2005). Sin embargo, hasta el momento no se ha valorado el efecto de estas cepas en el perfil aromático de los quesos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de producción de compuestos volátiles de cepas de *Lb. helveticus*, comerciales (A y B) y pertenecientes al cepario del INLAIN (C y D), que se cultivaron individualmente en suero de queso estéril y se emplearon en la elaboración de quesos duros de pasta cocida.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Cepas bacterianas**

En este estudio se usaron cuatro cepas de *Lb. helveticus*, dos de ellas comerciales (A y B) y las otras dos pertenecientes al cepario del INLAIN (C y D).

### **2.2. Preparación del suero fermento inoculado con las cepas de *Lb. helveticus***

Cada una de las cepas en estudio se inoculó individualmente al 2% v/v en 2 L de suero proveniente de una elaboración de queso duro a escala piloto. Antes de la inoculación, el suero fue ajustado a un valor de pH de 6,3 con NaOH 40% p/v y se trató a 85°C/5min con el fin de destruir las células vegetativas (Candioti et al., 2002). Los sueros inoculados se incubaron durante 24 horas a 45 °C, alcanzando valores de pH y acidez en el rango 3,60-3,80 y 52-57°D, respectivamente.

### **2.3. Tecnología de elaboración**

Quesos duros de pasta cocida se elaboraron en la planta piloto según Candioti et al. (2002). La leche cruda (50L) (pH 6,70±0,05) de gran mezcla, se pasteurizó a 63°C/20 min, se enfrió a 33°C y se agregó CaCl<sub>2</sub> (Merck, Alemania) hasta alcanzar una concentración final de 0.014% p/v. Se agregó un volumen (aprox. 4% v/v) del fermento

preparado. Luego de 10 min, fue adicionada la enzima coagulante Chy-Max (Chr. Hansen Inc., Dinamarca) 0,35mL/L de leche, que fueron suspendidos en 10 mL de agua destilada justo antes de utilizar. Una vez que se produjo la coagulación y que el gel adquirió la firmeza necesaria, lo que se alcanzó en 20 min aprox., se procedió al corte hasta conseguir el tamaño de grano adecuado (mitad de un grano de arroz). Se inició el calentamiento de la mezcla suero - partículas de cuajada, bajo constante agitación y a razón de 1°C/min, hasta alcanzar 52°C. Finalmente, se detuvo la agitación y se permitió que la cuajada se depositara en el fondo de la tina para su posterior moldeo. Los quesos obtenidos (4kg) se prensaron por 12h, se salaron por inmersión en salmuera durante 4 días, y luego se maduraron por 90 días a 12°C.

## 2.4. Composición fisicoquímica y microbiología

Los contenidos de humedad, proteínas y materia grasa fueron analizados en los quesos de 90 días según métodos normalizados y el pH se midió por potenciometría.

El recuento de la flora láctica termófila presente en los quesos al inicio (7 días), 45 y 90 días de maduración se determinó en agar-MRS después de 48h de incubación a 43 °C.

## 2.5. Compuestos volátiles por GC/FID-MS

El perfil de compuestos volátiles de los quesos se analizó al final de la maduración de acuerdo al procedimiento descrito en Wolf et al. (2010). Para aislar y concentrar los compuestos se empleó la microextracción en fase sólida (SPME) usando una fibra DVB/CAR/PDMS (50/30µm, 1cm de longitud). La separación y posterior análisis se realizó por cromatografía de gases empleando una columna INNOWAX (60mx0,25µmx0,25mm) y detector FID (Perkin Elmer, USA). Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: temperatura de inyector *split-splitless*, 250°C; temperatura del detector, 300°C; caudal de gas carrier H<sub>2</sub>, 3 mL/min; programa de temperaturas del horno: 45°C (4 min), 8 °C/min hasta 150°C; 150°C (3 min), 10°C/min hasta 250°C; 250°C (5 min).

Los compuestos fueron tentativamente identificados por comparación con los tiempos de retención de sustancias patrones. La confirmación de los mismos se llevó a cabo por espectrometría de masa GC-MS (CCT, CONICET Santa Fe) utilizando la librería de espectros (NIST-62) y con estándares de referencia (Sigma Aldrich, Italia). Los compuestos identificados por el FID fueron integrados y los resultados se expresaron en áreas (unidades arbitrarias). Se registró el valor medio y la desviación estándar del triplicado de análisis.

## 2.6. Análisis Estadístico

Los perfiles de compuestos volátiles de los distintos quesos fueron comparados aplicando un análisis de la varianza de una vía, usando SPSS software 20.0 (SPSS Inc., EE.UU.).

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1. Composición fisicoquímica y microbiología

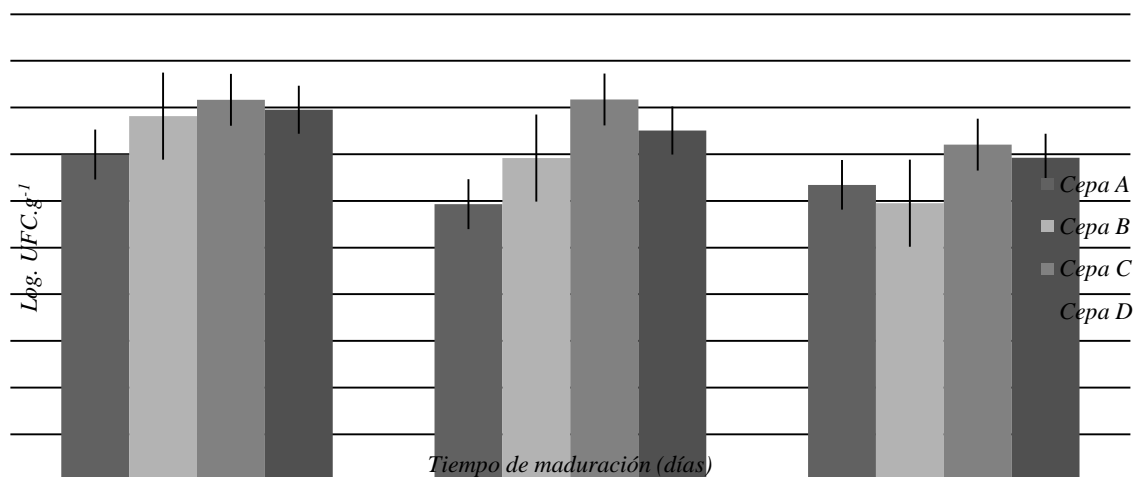
No se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en los contenidos de humedad, proteínas, materia grasa y en el pH (Tabla 1).

Parámetro	Quesos			
	Cepa A	Cepa B	Cepa C	Cepa D
Humedad (%)	37,1±0,4	35,8±0,6	37,9±0,5	35,2±0,7
Materia grasa (%)	31,1±0,5	32,8±0,6	32,1±1,0	32,0±0,6

<b>Proteína (%)</b>	24,7±1,2	28,2±1,0	26,0±0,9	26,0±1,2
<b>pH</b>	5,13±0,01	5,15±0,01	5,14±0,20	5,13±0,02

**TABLA 1.** Composición fisicoquímica de los quesos al final de maduración (90 días)

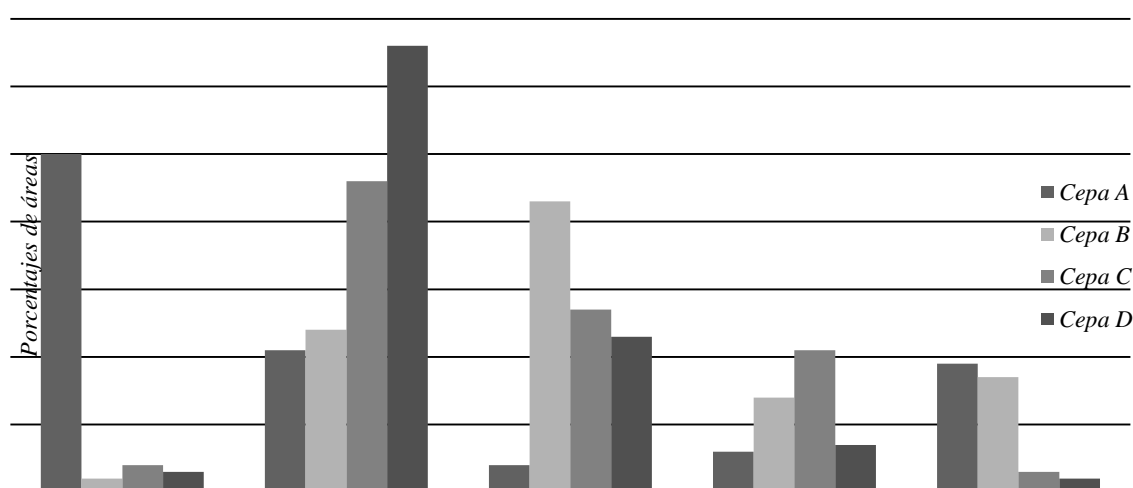
En la **FIGURA 1** puede observarse la evolución de la flora láctica termófila durante la maduración. Los recuentos se mantuvieron por encima de  $1 \times 10^7$  UFC/g en todos los quesos analizados.



**FIGURA 1.** Evolución de la población de lactobacilos termófilos durante la maduración de los quesos.

### 3.2. Análisis de Compuestos Volátiles

En los perfiles de volátiles de los quesos analizados se identificaron 33 compuestos, los cuales se agruparon por familias químicas (aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos y ésteres) (**Figura 2**). Todos los compuestos identificados se encuentran reportados en quesos duros tipo grana (Wolf et al., 2010).



**FIGURA 2.** Porcentajes de áreas de los diferentes grupos químicos para las diferentes cepas estudiadas

Los quesos elaborados con la cepa **A** se caracterizaron por un predominio del grupo de los alcoholes, principalmente etanol, el cual representó aproximadamente un 50% del total de compuestos identificados. El etanol ha sido encontrado en altas proporciones en algunas variedades de quesos (Kondyli et al, 2002; Carbonell et al., 2002; Bintsis Robinson, 2004). Este compuesto deriva de múltiples vías metabólicas, incluyendo el metabolismo de la lactosa y del citrato, la reducción del acetaldehído, la fermentación del citrato y el catabolismo de algunos aminoácidos (McSweeney y Sousa 2000; Marilley y Casey, 2004; Yvon 2006). Los ácidos y los ésteres fueron otros grupos de relevancia, aconteciendo por un 20%, destacándose principalmente el ácido butírico y el butanoato de etilo.

En el caso de la cepa **B**, el perfil de volátiles mostró un predominio de compuestos del grupo de los aldehídos (acetaldehído, benzaldehído, 2- y 3-metil butanal), los cuales superaron el 40%. Los aldehídos son compuestos transitorios en los quesos, ya que son metabolizados a los correspondientes alcoholes o ácidos. El acetaldehído aporta notas frutales y un olor penetrante a los quesos tipo grana (Barbieri et al., 1994) y puede sintetizarse durante la maduración a partir de la oxidación del etanol o del catabolismo de algunos aminoácidos (Larráyoiz et al., 2001). Los aldehídos ramificados, 2- y 3-metil butanal, son formados a partir del catabolismo de la isoleucina y leucina, respectivamente (McSweeney y Sousa, 2000; Marilley y Casey, 2004). Estos resultados estuvieron en concordancia con la alta actividad aminotransferasa hacia éstos aminoácidos mostrada por la cepa (Cuffia et al, 2012). Los restantes grupos en importancia fueron los ácidos, ésteres y cetonas, los cuales alcanzaron porcentajes similares (en torno al 15%), siendo sus máximos representantes el ácido butírico, ácido acético, diacetilo, acetoína y acetato de etilo.

Los quesos elaborados con las cepas autóctonas, **C** y **D**, mostraron globalmente un perfil similar de compuestos volátiles. El grupo de los ácidos dominó la fracción volátil (45 y 65%, respectivamente), siendo los ácidos butírico y hexanoico los mayoritarios. Estos compuestos son importantes en el flavor global de los quesos de pasta dura, llegando a representar entre el 50 y el 90% del total de compuestos (Mallia et al, 2005; Barron et al, 2005). Los ácidos grasos de cadena corta (C2-C10), en particular los ácidos butírico y hexanoico son responsables del sabor picante característico de los quesos duros, y se relacionan con la hidrólisis de la materia grasa. Los aldehídos fueron el segundo grupo en importancia (aprox. 25%), presentando los mayores valores el acetaldehído y el benzaldehído. En el caso de las cetonas, una mayor preponderancia se observó en los quesos **C**, principalmente para el caso del diacetilo y la acetoína, asociados a notas a manteca (Curioni y Bosset, 2002) y proveniente del catabolismo del citrato o del ácido aspártico (Yvon et al., 2006; Kieronczyk et al., 2004; Skeie et al., 2008a); aminoácido hacia el cual la mencionada cepa presentó una elevada actividad aminotransferasa (Cuffia et al., 2012).

#### 4. Conclusiones

Este estudio muestra que las cepas autóctonas de *Lb. helveticus* presentan un perfil de compuestos volátiles similar, con una importante producción de compuestos ácidos (en mayor medida) y aldehídos. Para el caso de la cepa **C**, se pudo observar también una interesante producción de cetonas.

Dichas características hacen que éstas cepas se diferencien de las comerciales en donde pudo observarse un predominio en la producción de alcoholes y aldehídos (para **A** y **B** respectivamente).

Esto las hace buenas candidatas para el posterior estudio de su impacto en las características sensoriales de los quesos.

## 5. Bibliografía

- Barron, L., Redondo, Y., Flanagan, C., Perez-Elortondo, F., Albisu, M., Najera, A., de Renobales, M., Fernandez-Garcia, E., 2005. Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet. *Int. Dairy J.* 15, 371–382.
- Bintsis, T., Robinson, R.K., 2004. Study of the effects of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chem.* 88, 435–441.
- Candioti, M., Hynes, E., Quiberoni, A., Palma, S., Sabbag, N., Zalazar, C. Reggianito Argentino cheese: influence of *Lactobacillus helveticus* strains isolated from natural whey cultures on cheese making and ripening processes. *International Dairy Journal*, 12:923-931.
- Carbonell, M., Nuñez, M., Fernandez-Garcia, E., 2002. Evolution of the volatile components of ewe raw milk La Serena cheese during ripening. Correlation with flavour characteristics. *Lait* 82, 683–698.
- Cuffia, F., Peralta, G., Perotti, M.C., Bergamini, Carina., Hynes, Erica. Actividades Amonotransferasa y Glutamato Dehidrogenasa en cepas de *Lactobacillus helveticus* autóctonas y comerciales. II Simposio Argentino de Lactología 2012.
- Curioni, P.M.G., Bosset, J.O., 2002. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *Int. Dairy J.* 12, 959–984.
- Hannon, J.A., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., Wallace, J.M., Morrissey, P.A., Beresford, T.P., 2003. Use of autolytic starter systems to accelerate the ripening of Cheddar cheese. *Int. Dairy J.* 13, 313–323.
- Hannon, J., Kilcawley, K., Wilkinson, M., Delahunty, C., Beresford, T., 2007. Flavour precursor development in Cheddar cheese due to lactococcal starters and the presence and lysis of *Lactobacillus helveticus*. *Int. Dairy J.* 17, 316–327.
- Hynes, E., Aparo, L., Candioti, M. Influence of Residual Milk-Clotting Enzyme on  $\alpha_{s1}$  Casein Hydrolysis During Ripening of Reggianito Argentino Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87: 565-573.
- Jensen, M., Ardö, Y. Variation in aminopeptidase and aminotransferase activities of six cheese related *Lactobacillus helveticus* strains. *International Dairy Journal*, 20:149-155.
- Kiernan, R., Beresford, T., O'Cuinn, G., Jordan, K. (2000) Autolysis of *Lactobacillus* during Cheddar cheese ripening. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 39 (9):95-106.
- Kieronczyk, A., Skeie, S., Langsrud, T., Le Bars, D., Yvon M. The nature of aroma compounds produced in a cheese model by glutamate dehydrogenase positive *Lactobacillus* INF15D depends on its relative aminotransferase activities towards the different amino acids. *International Dairy Journal*, 14: 227-235.
- Kondyli, E., Katsiari, M.C., Masouras, T., Voutsinas, L.P., 2002. Free fatty acids and volatile compounds of low-fat Feta-type cheese made with a commercial adjunct culture. *Food Chem.* 79, 199–205.
- Larrayoz, P., Addis, M., Gauch, R., Bosset, J., 2001. Comparison of dynamic headspace and simultaneous distillation extraction techniques used for the analysis of the volatile components in three European PDO ewes' milk cheeses. *Int. Dairy J.* 11, 911–926.
- Law, B. (2010) Cheese-ripening and cheese flavour technology. En: *Technology of Cheesemaking* (Law B. y Tamime A., Editores). Wiley-Blackwell, United Kingdom, pag. 231-259.
- Lazzi, C., Rossetti, L., Zago, M., Neviani, E., Giraffa, G. Evaluation of bacterial communities belonging to natural whey starters for Grana Padano cheese by length heterogeneity-PCR. *Journal of applied microbiology* 96 (3):481-490.
- Mallia, S., Fernandez-Garcia, E., Bosset, J., 2005. Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *Int. Dairy J.* 15, 741–758.
- Marilley, L., Casey, M.G., 2004. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *Int. J. Food Microbiol.* 90, 139–159.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J., 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. *Lait* 80, 293–324.

- Parente, E., Cogan, T. (2004) Starter Cultures: General Aspects. En: Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1, General Aspects (Fox P., McSweeney P., Cogan T. y Guinee T., Editores). Elsevier Academic Press, Cork, pag. 123-148.
- Perotti, M. C.; Bernal, SM; Meinardi, CA; Zalazar, CA (2005) Free fatty acid profiles of Reggianito Argentino cheese produced with different starters. *International Dairy Journal*, 15:1150-1155.
- Quiberoni, A., Tailliez, P., Quénee, P., Suárez, V., Reinheimer, J. (1998). Genetic (RAPD-PCR) and technological diversities among wild *Lactobacillus helveticus* strains. *Journal Applied Microbiology*, 85: 591–596.
- Reinheimer, J., Suárez, V., Bailo, N., Zalazar, C.A. (1995). Microbiological and technological characteristics of natural whey cultures for Argentinean hard cheese production. *Journal of Food Protection*, 54:796–799.
- Reinheimer, J.; Quiberoni, A.; Tailliez, P.; Binetti, A.; Suárez, V. (1996). The Lactic acid microflora of natural whey starters used in Argentina for hard cheese production. *International Dairy Journal*, 6:869-879.
- Skeie, S., Kieronczyk, A., Næssa, R.M., Østlie, H., 2008. *Lactobacillus* adjuncts in cheese: their influence on the degradation of citrate and serine during ripening of a washed curd cheese. *Int. Dairy J.* 18, 158–168.
- Yvon, M., 2006. Key enzymes for flavour formation by lactic acid bacteria *Aust. J. Dairy Technol.* 61, 16–24.
- Wilkinson M. y Kilcawley K. (2005) Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 15:817–830.
- Wolf, I., Perotti, M., Bernal, S., Zalazar, C. Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggianito Argentino cheese: Characterization of Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 43: 1204-1211.
- Broadbent, J. R.; Gummalla, S.; Hughes, J. E.; Johnson, M. E.; Rankin, S. A. y Drake, M. A. Overexpression of *Lactobacillus casei* D-hydroxyisocaproic acid dehydrogenase in cheddar cheese. *Applied and Environmental Microbiology* 70:4814-4820.

## 13TCA - APLICACIÓN DE UNA PREPARACIÓN PECTINOLÍTICA DE *Aspergillus sojae* EN LA ELABORACIÓN DE VINO BLANCO

FRATEBIANCHI DE LA PARRA, D<sup>1</sup>.; CAVALITTO, S<sup>1</sup>; RUIZ-LARREA, F<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales, CINDEFI (UNLP-CONICET).

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), Logroño, La Rioja, España.  
E-mail: dantefratebianchi@gmail.com.

### Resumen

Se estudió el efecto del un preparado pectinolítico de *Aspergillus sojae* (PP-AS) en la elaboración de vinos blancos. Se adicionó PP-AS al mosto de uva blanca para estudiar el efecto clarificante del mismo durante el desfangado (proceso de “limpieza” del mosto antes de fermentar), y posteriormente se utilizaron los mostos desfangados para elaborar vinos blancos secos y analizar su composición química final desde el punto de vista enológico. Un gramo de PP-AS presentó igual número unidades de actividad pectinolítica, determinada sobre pectina en condiciones similares a las utilizadas durante el desfangado (pH 3,5 y 20° C), que un preparado comercial utilizado como testigo en los ensayos. Según los resultados obtenidos, los mostos tratados con PP-AS disminuyeron su turbidez significativamente respecto a los mostos control, y hasta valores considerados óptimos (100-250 NTU) para su posterior uso en la elaboración de vinos blancos de calidad. Los vinos blancos elaborados con PP-AS exhibieron un mayor contenido de ácido L-málico y un menor contenido de ácido L-láctico respecto a los vinos elaborados sin enzimas, efectos buscados en la elaboración ciertos tipos de vinos blancos secos.

### Introducción

La vinificación en blanco se denomina a toda vinificación en la que sólo interviene la fase líquida, sin hollejos, pudiéndose realizar este tipo de elaboración con otras uvas que no sean blancas para poder obtener así otros tipos de vinos. La elaboración de un vino blanco joven incluye varias etapas. Una vez llegado el momento de la vendimia, la uva es transportada entera hacia la bodega para evitar oxidaciones, y favorecer la obtención de un color pálido en el vino blanco. Generalmente luego se realiza el despalillado y prensado de las uvas. Durante el prensado se liberan los azúcares contenidos en la pulpa, así como los polifenoles localizados en la piel y las semillas de las uvas, y los polisacáridos estructurales (celulosas, hemicelulosas, y pectinas). Este mosto contiene sólidos de diverso origen y macromoléculas en solución, y que influyen en la turbidez del jugo; particularmente las sustancias pécticas cumplen un rol importante en la turbidez del mismo (Ribereau-Gayon et al., 2006). El desfangado estático consiste en la clarificación del mosto por sedimentación de sólidos suspendidos, de composición esencialmente vegetal, por acción de la gravedad. Un mosto desfangado mejora la calidad organoléptica del vino blanco, al inducir a las levaduras a la formación de una menor concentración de alcoholes superiores y ácidos grasos volátiles (Flanzy, 2000), y a una mayor concentración de acetatos de alcoholes superiores y ésteres de ácidos grasos (Ribereau-Gayon et al., 2006). Durante el proceso, la carga microbiana disminuye sensiblemente, por lo que los mostos clarificados son menos proclives de sufrir fermentaciones indeseadas.



Las enzimas pectinolíticas son capaces de degradar los polímeros de pectina de la pared celular de las plantas, por lo que se utilizan para disminuir la viscosidad del mosto de uva blanca y acelerar e incrementar el grado de sedimentación durante el desfangado. *Aspergillus sojae* ATCC 20235 es un hongo filamentoso que produce elevada actividad pectinolítica, e hidroliza ácido poligalacturónico a valores de pH cercanos a 3,0.

### Objetivos

Se estudió el efecto clarificante de una preparación pectinolítica de *A. sojae* al ser agregado al mosto de uva blanca durante el desfangado, y se lo comparó con el efecto clarificante de un preparado pectinolítico comercial normalmente utilizado en enología, y con un control sin el agregado de enzimas.

Se elaboraron vinos blancos a partir de los mostos obtenidos y se analizó la composición química final de los mismos desde el punto de vista enológico.

### Metodología

Se emplearon dos preparaciones enzimáticas con actividad pectinolítica en la elaboración de vino blanco: un preparado pectinolítico obtenido de *Aspergillus sojae* ATCC 20235 (de ahora en adelante simplemente PP-AS), y el preparado comercial Lallzyme C-max de la casa Lallemand S.A.

PP-AS se obtuvo a partir de cultivos sumergidos de *A. sojae* realizados con sulfato de amonio y cáscara de naranja pulverizada como fuente única de carbono. Finalizados los cultivos, el micelio y los restos sólidos se separaron del medio de cultivo mediante centrifugación (6000 rpm por 20 minutos) seguida de filtración del sobrenadante por tela muselina. Luego el sobrenadante se refiltró a través de filtros de nitrato de celulosa de 0,45 µm de tamaño de poro, se concentró mediante la utilización de un cartucho de flujo tangencial (Sartorius®, 10.000 MWCO), y se lavó con cinco volúmenes de buffer cítrico/fosfórico pH 5,0 por diafiltración, utilizando el mismo cartucho. El concentrado resultante, denominado PP-AS se liofilizó y se conservó a 4° C hasta su utilización.

Se estudió la actividad pectinolítica tanto de PP-AS como de Lallzyme C-max. Los preparados se resuspendieron por separado en agua miliQ, de forma tal de obtener una solución de 0,1 g/ml de cada uno. Por un lado se determinó actividad poligalacturonasa a 35° C y pH 5,0, utilizando como sustrato ácido poligalacturónico. Por otro lado, con el fin de asemejar las condiciones de reacción a las que acontecen durante la elaboración de vinos, se determinó actividad polimetilgalacturonasa a 20° C y pH 3,5, utilizando pectina de manzana como sustrato. En ambos casos, las actividades enzimáticas se determinaron siguiendo el incremento de grupos reductores por colorimetría utilizando ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS; Miller, 1959). Los sustratos utilizados se prepararon al 0,2% p/v en buffer acético/acetato 20mM al pH correspondiente, la relación enzima/sustrato fue 1:10 volúmenes, y el tiempo de ensayo 10 minutos. Una unidad de actividad enzimática se definió como la cantidad de enzima que cataliza la liberación de 1 µmol de ácido galacturónico por minuto, en las condiciones de reacción dadas.

Tipo de uva utilizada y ensayos de desfangado.

Se utilizó uva blanca (*Vitis vinífera*) variedad Viura, proveniente de La Rioja, España. Un total de 65 kg de uvas se despalilló manualmente, y posteriormente se sometió a un ciclo de prensado suave utilizando una prensa neumática. El mosto obtenido se recibió en un depósito de 100 litros, e inmediatamente después se suplementó con 92 mg/L de metabusilfito de potasio (MBS). Tanto el desfangado como las microvinificaciones se realizaron en recipientes cilíndricos de vidrio de 3,8 litros de capacidad, con boca amplia y tapa a rosca, esta última perforada en el centro para la inserción de una válvula tipo “airlock”, que permite la salida de CO<sub>2</sub> del sistema y restringe el ingreso de aire.

El mosto se repartió equitativamente en cada uno de los recipientes, llenados a tope de capacidad, y se utilizó para realizar ensayos de desfangado con enzimas. Se realizaron cuatro tratamientos distintos:

- Adición de Lallzyme C-max (Lallemand S.A.) a razón de 0,114 g / 3,8 L mosto (3 g / hL mosto) (L).
- Adición de PP-AS en dos cantidades diferentes:
  - 0,02 g / 3,8 L mosto (AS 1).
  - 0,01 g / 3,8 L mosto al inicio de la maceración + refuerzo de PP-AS a las 16 horas, dejando 0,04 g / 3,8 L mosto hasta el final del ensayo (AS 2).
- Control sin agregado de enzimas (C).

Los tratamientos de maceración se realizaron por cuadruplicado durante 38 horas en cuartos a temperatura controlada entre 18 y 22° C. El efecto de las enzimas en la clarificación del mosto a lo largo de la maceración se registró mediante determinaciones periódicas de turbidez utilizando un turbidímetro. El índice de turbidez se expresó como NTU (Unidad de Turbidez Nefelométrica), que es el valor correspondiente a la intensidad de la luz desviada por una suspensión estándar de formazina, a un ángulo de 90° con respecto a la radiación incidente. Finalizados los ensayos se procedió al desfangado, para lo cual el sobrenadante de los recipientes se trasegó en forma separada a cuatro depósitos de 15 litros, uno por cada tipo de mosto (L, AS1, AS2, C), eliminando así las lías presentes en los recipientes. Para el caso de los mostos L y AS1, se ajustó la turbidez a 200 NTU con sus respectivas lías provenientes del desfangado.

El mosto contenido en cada uno de los cuatro depósitos se repartió equitativamente en tres recipientes cilíndricos de 3,8 litros a razón de tres litros por recipiente, y posteriormente cada recipiente se inoculó con levaduras seleccionadas (Lalvin 71B de Lallemand S. A.) a una concentración de 30 gramos de levadura seca por cada 100 litros de mosto. De este modo, se elaboraron vinos blancos por triplicado, con mostos producto de cuatro tratamientos distintos (C, L, AS1, AS2). Las fermentaciones se llevaron a cabo en cuartos a temperatura controlada entre 18 y 20° C. El progreso de la fermentación alcohólica se monitoreó diariamente mediante medidas de turbidez y de densidad e índice de refracción (utilizando un areómetro y un refractómetro), por ser estos dos últimos parámetros proporcionales al contenido de azúcares disueltos.

Finalizadas las fermentaciones, los vinos blancos se mantuvieron a 20° C durante 12 días, luego se trasegaron a recipientes limpios para eliminar las lías gruesas, y se sometieron a maceración post-fermentativa a 5° C durante 40 días para promover la clarificación estática de los mismos. Durante este último período se realizó un trasiego adicional a todos los vinos. Finalmente los vinos se guardaron en botellas de vidrio de 500 ml de capacidad y se almacenaron a 5° C, previa adición de 50 mg / L de MBS.

#### Análisis del mosto

Se realizaron determinaciones de pH, acidez total, densidad y turbidez según los métodos oficiales de la OIV (O.I.V., 2013). El contenido de ácido L-málico y L-láctico se determinó siguiendo los métodos enzimáticos oficiales descritos por la OIV (O.I.V., 2013), y utilizando kits enzimáticos comerciales (L-Malic acid Cat. No. 10 139 068 035 y L-Lactic acid Cat. No. 10 139 084 035; Boehringer Mannheim / R-Biopharm). El nitrógeno fácilmente asimilable (aminoácidos libres y catión amonio, NFA) se determinó mediante valoración con hidróxido de sodio del descenso de pH producido por la formación de derivados metilénicos de amonio y aminoácidos luego de la adición al mosto de un exceso de metanal (García Barcelo, 1990).

#### Análisis del vino blanco

Se realizaron determinaciones de pH, acidez total, dióxido de azufre libre y total, turbidez y azúcares reductores siguiendo los métodos oficiales de la OIV (O.I.V.; 2013).

La acidez volátil real se determinó por destilación directa de un volumen de vino seguido de valoración de una fracción del destilado por el método de García-Tena (García Barcelo, 1990). El grado alcohólico se determinó por ebullometría, basada ésta en la Ley de Raoult relativa a la disminución del punto de ebullición, empleando un ebullómetro marca Gab y según la metodología descrita por el fabricante. El contenido de ácido L-málico y L-láctico se determinó de la misma forma que al mosto.

## Resultados

La Tabla 1 muestra los valores de actividad enzimática presentes en ambos preparados, determinados frente a ácido poligalacturónico (PGA) a pH 5,0 y 35° C, y frente a pectina de manzana a pH 3,5 y 20° C, siendo esta última condición más semejante a las que ocurren durante la elaboración de vinos.

**TABLA 1.** Actividades enzimáticas por gramo de preparado

Preparado Pectinolítico	Actividad poligalacturonasa (U/g de preparado)	Actividad polimetilgalacturonasa (U/g de preparado)
<b>PP-AS</b>	9233 ± 76	219 ± 42
<b>Lallzyme C-max</b>	1280 ± 168	215 ± 32

Actividad poligalacturonasa determinada sobre ácido poligalacturónico a pH 5,0 y 35° C

Actividad polimetilgalacturonasa determinada sobre pectina de manzana a pH 3,5 y 20° C

Comparando los valores de actividad enzimática de ambos preparados, observa que PP-AS es al menos 7 más activo frente a PGA a pH 5,0 y 35° C que Lallzyme C-max. Por otro lado, la actividad de PP-AS frente a pectina a pH 3,5 y 20° C es similar a la de su par comercial.

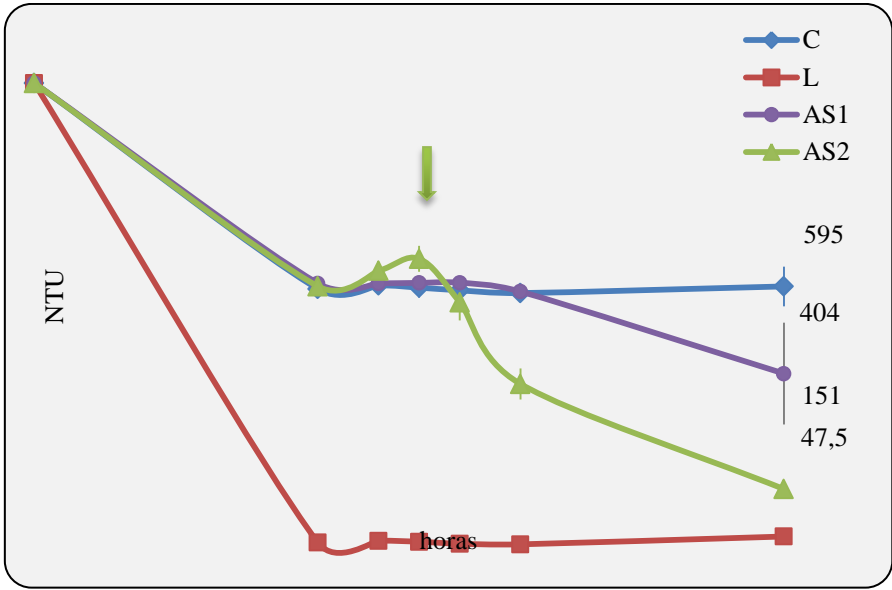
La composición analítica del mosto de Viura prensado y despalillado se muestra en la Tabla 2. Un valor de densidad de 1080 g/L corresponde aproximadamente a un contenido de azúcares totales de 187 g/L y a un grado probable volumétrico de 11,1 %, ya que se admite que son necesarios 17 g/L de azúcares para producir un grado alcohólico en la vinificación en blanco. Un mosto con un nivel inicial de azúcares de alrededor de 200 g/L debe contener al menos 150 mg/L de nitrógeno para no considerarse deficiente en éste (Henschke y Jiranek, 1993), por lo que el mosto utilizado presenta un nivel de NFA suficiente.

**TABLA 2.** Análisis del mosto de uva blanca

Densidad (g/L) a 20° C	pH a 20° C	Acidez total (g/L de ácido tartárico)	NFA (mg/L de N)	Turbidez (NTU)
1080	3,35	6,0	196	1040

A lo largo del desfangado, los mostos suplementados con los preparados enzimáticos experimentaron un descenso de turbidez que fue, finalizado el tratamiento, significativamente mayor que el que experimentaron los mostos sin el agregado de enzimas (C) (Fig. 1.). A las 36 horas de comenzado el tratamiento los mostos tratados con 0,02 g / 3,8 L de PP-AS (AS1) tenían un promedio de 404 NTU, mientras que la turbidez media de los mostos tratados con 0,04 g / 3,8 L de PP-AS (AS2) fue de 151 NTU. Los mostos tratados con Lallzyme C-max presentaban después de 14 horas menos de 50 NTU de turbidez, valores que se mantuvieron hasta el final del tratamiento.

Cabe destacar que la cantidad de PP-AS utilizada en los ensayos de desfangado fue casi 3 y 6 veces menor que la cantidad de Lallzyme C-max (según se compare con AS1 ó AS2), puesto que las actividades específicas de dichos preparados sobre pectina a pH 3,5 y 20° C son similares entre sí (Tabla 1). Un desfangado excesivo (turbidez < 100 NTU) puede conllevar al empobrecimiento del mosto en nutrientes nitrogenados (López Martín et al., 2004), y a disminuir el aroma afrutado característico de vinos blancos secos (Ribereau-Gayon et al., 2006), por lo que la cantidad de Lallzyme C-max agregada a los mostos L sería excesiva para el tiempo que duró el tratamiento, mientras que la cantidad de PP-AS adicionada a los mostos AS2 se considera adecuada.



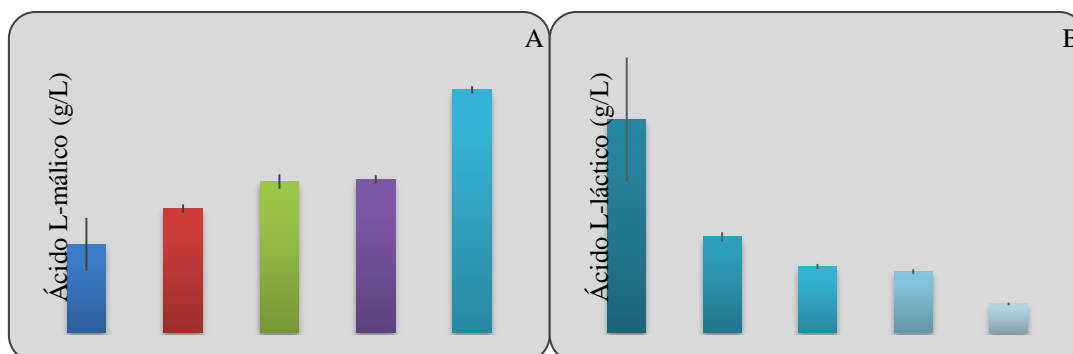
**FIGURA 1.** Evolución de la turbidez durante la maceración pre-fermentativa. (◇) Control sin agregado de enzimas (C); (■) Lallzyme C-max (L, 0,114 g / 3,8 L); (●) PP-AS (AS1, 0,02 g / 3,8 L); (▲) PP-AS (AS2, t ≤ 16hs 0,01 g / 3,8 L, t ≥ 16hs 0,04 g / 3,8 L). ↓ indica el momento de adición del refuerzo de PP-AS a AS2. En la figura se indican los valores finales de turbidez a las 36 horas de tratamiento.

Pasados seis días de inoculados los mostos, la densidad, directamente proporcional al contenido de azúcar, llegó a un valor constante en todos los vinos, indicativo del fin de la fermentación alcohólica. Los parámetros fisicoquímicos de los vinos producidos con los mostos desfangados enzimáticamente (L, AS1, AS2) fueron en líneas generales similares a los de los vinos producidos con el mosto control (C) (Tabla 3). Los valores de azúcares reductores residuales de todos los vinos permiten clasificarlos dentro de los vinos secos (azúcares residuales < 5 g/L; OIV, 2013). Todos los parámetros se encontraron dentro de los límites permitidos.

**TABLA 3.** Composición analítica final de los vinos blancos

	C	L	AS1	AS2
<b>Azúcares reductores (g/L)</b>	2,16 ± 0,08	2,42 ± 0,12	2,35 ± 0,03	2,31 ± 0,04
<b>pH</b>	3,16 ± 0,02	3,14 ± 0,01	3,14 ± 0,01	3,13 ± 0,01
<b>Acidez Total (g/L de ácido tartárico)</b>	6,2 ± 0,1	5,9 ± 0,1	5,8 ± 0,1	6,0 ± 0,1
<b>Acidez Volátil (g/L de ácido acético)</b>	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,02
<b>Grado alcohólico (% a 20° C)</b>	10,7 ± 0,10	10,7 ± 0,06	10,7 ± 0,01	10,7 ± 0,01
<b>Ácido sulfuroso libre (mg/L)</b>	3,41 ± 1,95	6,19 ± 0,37	5,55 ± 0,74	5,55 ± 0,37
<b>Ácido sulfuroso total (mg/L)</b>	11,20 ± 1,60	16,53 ± 0,92	13,33 ± 0,92	14,93 ± 0,92
<b>Turbidez (NTU)</b>	6,30 ± 0,39	7,16 ± 0,30	6,25 ± 0,27	8,15 ± 0,29

C, control sin agregado de enzimas; L, Lallzyme C-max (0,114 g / 3,8 L); AS1, PP-AS (0,02 g / 3,8 L); AS2, PP-AS ( $t \leq 16$ hs 0,01 g / 3,8 L,  $t \geq 16$ hs 0,04 g / 3,8 L).



**FIGURA 2.** Contenido de ácido L-málico (A) y de ácido L-láctico (B) del mosto desfangado y de los vinos blancos. C, control sin agregado de enzimas; L, Lallzyme C-max (0,114 g / 3,8 L); AS1, PP-AS (0,02 g/3,8 L); AS2, PP-AS ( $t \leq 16$ hs 0,01 g / 3,8 L,  $t \geq 16$ hs 0,04 g / 3,8 L); Mosto, mosto de uva blanca desfangado.

El contenido de ácido L-málico y de L-láctico difiere significativamente entre los distintos vinos (Fig. 2). Se observa que el contenido de ácido L-málico de los vinos AS1 y AS2 es un 19 % mayor que el de los vinos L, y un 42 % mayor que el de los vinos C. A su vez, los vinos AS1 y AS2 son los que presentan niveles residuales de ácido L-láctico, mientras que los vinos C son los que poseen niveles que indican el inicio de una fermentación maloláctica. Los vinos blancos, como los vinos blancos secos elaborados en la zona de La Rioja, España, se caracterizan por su sabor fresco y por ello se intenta conservar el ácido málico y evitar la fermentación maloláctica con el fin de mantener la acidez y características varietales frescas y afrutadas (Boulton et al., 1999). Esta aparente represión de la flora bacteriana en los vinos cuyos mostos han sido tratados con enzimas, y especialmente en los tratados con PP-AS, puede deberse a una menor carga bacteriana en los vinos debido a un desfangado más eficaz, ó bien a algún tipo de compuesto con actividad antimicrobiana que pueda estar presente en PP-AS. En cualquier caso, se observa que los niveles de ácido L-málico se han preservado considerablemente en los vinos producidos a partir de los mostos tratados con PP-AS, lo cual es un aspecto positivo y buscado en la elaboración este tipo de vinos blancos jóvenes.

## Conclusiones

Los valores de actividad pectinolítica específica del preparado de *A. sojae* (PP-AS), determinada en condiciones similares a las utilizadas en la elaboración de vinos blancos y tintos (pH 3,5 y 20° C), fueron similares a los de un preparado comercial normalmente utilizado en la clarificación de mosto y vino. Estos resultados dan cuenta del potencial de PP-AS para ser utilizado en procesos de clarificación.

Los mostos tratados con el preparado PP-AS, experimentaron durante el desfangado un marcado descenso de turbidez respecto a los mostos sin tratar, y con una turbidez media de 151 NTU, el cual es un valor considerado como óptimo la utilización del mosto en la elaboración de vinos blancos de calidad.

La fermentación alcohólica transcurrió sin inconvenientes, y se obtuvieron vinos blancos secos, con parámetros químicos normales y adecuados. El contenido de ácido L-málico de los vinos blancos elaborados de a partir del mosto desfangado con PP-AS

fue significativamente mayor que el contenido de ácido L-málico de los demás vinos blancos elaborados, lo cual es positivo para la elaboración de vinos blancos secos con características de frescor y que conserven sus aromas varietales afrutados.

*Agradecimientos:* Este trabajo ha sido llevado a cabo con la ayuda del proyecto FP7-PEOPLE-2012-IRSES-269211-PGSYS de la EU.

### **Bibliografía**

- Boulton, R. B.; Singleton, V. L.; Bisson, L. F.; (1999). Principles and Practices of Winkemaking. Ed. Chapman & Hall.
- Flanzy, C. (2000). Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. Ed. A. Madrid Vicente y Mundi-Prensa.
- García-Barcelo, J. (1990). Técnicas analíticas para vinos. Ed. GAB.
- Henschke, P.A. y Jiranek, V. (1993). Yeast metabolism of nitrogen compounds. Wine Microbiology and Biotechnology. Ed. Fleet G.H., 77-165.
- López Martín, R.; Santamaría Aquilué, P.; Epifanio, S.; Garijo, P., Gutiérrez, A.R. (2004). La adición de materia nitrogenada al mosto de uva. Zubía Monográfico, 16-17: 83-92 (ISSN 1131-5423).
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31: 426-428.
- O.I.V. (2013). Compendium of international methods of wine and must analysis. Paris: International Organisation of Vine and Wine.
- Ribereau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Doneche, B.; Lonvaud, A. (2006). Handbook of enology vol. 1 the microbiology of wine and vinification 2<sup>nd</sup> ed. Ed. John Wiley y Sons.

## **14TCA - EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATRICES POLIMÉRICAS EN LA OBTENCIÓN DE CULTIVOS INICIADORES MEDIANTE *SPRAY DRYING***

**SLAVUTSKY, A. M.<sup>1</sup>; CHAVEZ, M.<sup>2</sup>; BERTUZZI, A. M.<sup>1</sup>**

**1. INIQUI (CONICET-CCT) y Facultad de Ingeniería (UNSa). Av. Bolivia 5150 Salta. Argentina.**

**E-mail: [amslavutsky@gmail.com](mailto:amslavutsky@gmail.com)**

**2. INTA-EEAA Cerrillos (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Ruta Nacional 68 - Km 172 Salta. Argentina.**

### **Resumen**

Las bacterias lácticas son los principales microorganismos empleados en los cultivos iniciadores que se utilizan en la producción de quesos, yogurt, leches ácidas y otros productos fermentados. Los sistemas caprinos de los Valles y Quebradas del Noroeste Argentino constituyen un excelente nicho para la selección y aislamiento de bacterias lácticas con potenciales tecnológicos, diferentes a las existentes en el mercado. Cabe destacarse que hasta la fecha no se comercializan cultivos bacterianos de origen caprino. Estudios realizados sobre estos sistemas, han demostrado un muy buen perfil de calidad de leche para la elaboración de quesos. El secado por pulverización (*spray drying*), es una tecnología económica, que consiste transformar una alimentación líquida en un producto en polvo, disminuyendo su volumen y contenido de humedad. Sin embargo, la viabilidad y calidad del cultivo microbiano en polvo obtenido es generalmente baja cuando se la compara con otras técnicas empleadas, como la liofilización. Numerosos estudios han demostrado que la incorporación de matrices poliméricas encapsulantes, mejoran la viabilidad del producto. Por ello, el objetivo del presente trabajo, fue obtener cultivos iniciadores deshidratados a partir de una cepa de *Enterococcus lactis* obtenida de leche de cabra, seleccionada del cepario del INTA-Salta por sus características tecnológicas, y estudiar el efecto de la incorporación de diferentes matrices poliméricas en la viabilidad de los cultivos iniciadores obtenidos. El secado de los fermentos se realizó mediante *spray drying*, empleando un equipo BUCHI 290 (Suiza). Se evaluó el efecto de la incorporación de pectina, gelatina, leche descremada en polvo (LDR) y alginato de sodio, en diferentes proporciones. Se evaluó el efecto de las matrices, mediante el estudio de la tasa de sobrevivencia de las bacterias luego del proceso (%T), la humedad del producto (%H) y el porcentaje del polvo recuperado (%R). El análisis de los resultados, indican que la mejora la calidad del producto obtenido depende del tipo de matriz encapsulante y la concentración de la misma. De esta manera, los resultados muestran que %T aumenta hasta un 89% con LDR, 82% con pectina, 79% con alginato y 76% con gelatina. La incorporación de hidrocoloides como matriz encapsulante mejora la calidad del producto obtenido, aumentando su viabilidad. De esta manera, se pueden producir fermentos lácticos de origen caprino mediante el empleo de una metodología económica y muy difundida en la industria de los alimentos.

### **1. Introducción.**

Hoy en día, la producción de alimentos y bebidas fermentadas a través de la fermentación representa un método de conservación barato y confiable en los países menos desarrollados, mientras que en los países más desarrollados, la producción a gran escala de los alimentos fermentados se ha convertido en una rama importante de la industria alimentaria. Por otra parte, el consumidor valora los productos tradicionalmente fermentados por sus excepcionales cualidades gastronómicas. Los cultivos iniciadores (*starter cultures*) constituyen la base de estos alimentos. Un cultivo iniciador se puede definir como una preparación microbiana de un gran número de células de al menos un microorganismo, que se añade a una materia prima para producir un alimento fermentado. El grupo de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) ocupa un papel central en estos procesos, y posee una histórica aplicación en la producción de alimentos y bebidas fermentadas. Su principal característica, es causar la acidificación rápida de la materia prima a través de la producción de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico. Además, es importante su producción de ácido acético, etanol, compuesto de aroma, bacteriocinas, exopolisacáridos, y varias enzimas. De esta manera se mejoran la vida útil y la seguridad microbiana, aportando a la textura, y contribuyendo al perfil sensorial agradable del producto final. Las BAL (lactococos, lactobacilos, estreptococos, enterococos, etc.) son un grupo importante de cultivos de microorganismos empleados como iniciadores, aplicados en la producción de alimentos fermentados como el yogur, el queso, salchicha seca, salame, pan amargo, etc. (Leroy y De Vuyst, 2004).

En la provincia de Salta, la producción caprina se caracteriza por ser empleada para la obtención de leche, carne y quesos, constituyendo además, la actividad de subsistencia de un gran número de productores minifundistas. Cabe destacar, que los sistemas caprinos de los Valles y Quebradas del Noroeste Argentino, presentan muy buenas condiciones ambientales para el desarrollo de bacterias lácticas con potenciales tecnológicos y diferentes a las existentes hoy en el mercado. En efecto, en estos ecosistemas, la producción lechera de cabras está radicada desde hace mucho tiempo, posiblemente desde la época de la conquista española; estos productores han sostenido prácticas productivas acordes con los recursos de la zona. Estudios realizados sobre estos sistemas, han demostrado un muy buen perfil de calidad de leche para elaboración de quesos (Chávez et al., 2011).

La preservación de prácticas en un ecosistema de altura, sin contaminación, es lo que permitió plantear la hipótesis sobre la existencia de bacterias lácticas, procedentes del sistema caprino de leche, con propiedades de interés para su industrialización. Particularmente, la caracterización y tipificación de estas bacterias con destino a la producción de fermentos, se está llevando a cabo desde el año 2007, por medio de investigaciones conjunta entre CONICET (Universidad Nacional de Salta) e INTA-Salta. En este marco, se procedió al rescate de bacterias lácticas de ecosistemas de altura (Amblayo-Valles Calchaquies, aproximadamente 2300msnm) y templados (Salta-Valle de Lerma, aproximadamente 1000msnm). Se aislaron en forma aleatoria 80 cepas, 40 de cada región, las que fueron identificadas como lactococos (Gram +, nitrato, catalasa y movilidad negativas); sobre las mismas se aplicaron pruebas de inocuidad, técnicas moleculares (16S y RAPID) de caracterización (Torres et al., 2009), mediante las cuales se realizó la identificación de diferentes cepas con un gran potencial tecnológico y que podrían ser aplicados en la industria de los fermentos lácticos. Sin embargo, es necesario destacar, la necesidad de desarrollar metodologías adecuadas que puedan ser empleadas para la obtención de cultivos iniciadores que puedan ser posteriormente transferidos al sector industrial.



La técnica de secado por pulverización (*spray drying*), se presenta como una alternativa económica y efectiva para la producción de cultivos iniciadores. Se trata de una operación que consiste en convertir un alimento líquido en un producto en polvo, con mínima manipulación del material, disminuyendo su volumen y su contenido de humedad, lo que favorece la preservación del alimento (Vinderola, 2008).

Los estudios realizados de secado por *spray* de microorganismos, se remontan a la década del 70. Sin embargo, los trabajos publicados son escasos, en comparación con los de liofilización (Schuck et al., 2012). Las razones de ello, son principalmente las bajas tasas de supervivencia durante el secado de los cultivos, la estabilidad bajo condiciones de almacenamiento y la dificultad de rehidratar el producto (Ananta et al., 2005). Fu y Chen (2011) resumen algunos estudios sobre la deshidratación de microorganismos por procesos térmicos, que demuestran que la supervivencia de los cultivos varía dependiendo de los diferentes medios de cultivo, las matrices encapsulantes, los sistemas de secado y las características de cada microorganismo. De esta manera, se han obtenidos resultados prometedores, con tasas de supervivencia que superan el 80%.

La importancia del estudio que se plantea, radica en el desarrollo de una tecnología simple, económica, efectiva, fácilmente escalable y transferible para la conservación de cepas de bacterias lácticas de origen caprino para su aplicación posterior en alimentos fermentados.

## **2. Objetivo.**

El objetivo del presente trabajo, fue obtener cultivos iniciadores deshidratados a partir de una cepa de *Enterococcus lactis* obtenida de leche de cabra, seleccionada del cepario del INTA-Salta por sus características tecnológicas, y estudiar el efecto de la incorporación de diferentes matrices poliméricas en la viabilidad de los cultivos iniciadores obtenidos.

## **3. Metodología.**

### **3.1. Cultivo.**

Se empleó una cepa de *Enterococcus lactis* perteneciente al cepario del INTA-Cerrillos (Salta). La misma fue aislada a partir de muestras de leche caprina provenientes de los ecosistemas de Amblayo de la provincia de Salta. La cepa se cultivó a 37°C durante 24 horas, en condiciones de microaerofilia, en 5 mL de medio infusión-cerebro-corazón (BHI, Britania, Argentina). El cultivo se repicó en 100 mL de BHI y se llevó a estufa durante 24 hr a 37°C. Luego, se centrifugaron las muestras a 3000 rpm, y se recuperó la biomasa. Se lavó dos veces con solución fisiológica y se centrifugó nuevamente. Las células lavadas se llevaron a 100 mL de solución con contiene las matrices evaluadas como encapsulantes. Se evaluó el efecto de la incorporación de pectina (1, 5, 10 y 15%), gelatina (1, 5 y 10%), leche descremada en polvo (LDR) (1, 10 y 20%) y alginato de sodio (1, 5 y 10%). Las suspensiones presentaron un recuento de  $1.13 \times 10^9$  UFC/g<sub>b.s</sub> ( $\pm 0.3 \times 10^9$ ), que se tomó como valor inicial.

### **3.2. Procedimiento de Secado por Spray.**

Las muestras se secaron, mediante el empleo de un Mini Spray Dryer B-290 (BUCHI, Suiza). Los parámetros operacionales seleccionados para secar las muestras fueron: Temperatura de entrada, 165°C; Caudal de alimentación de la suspensión, 500mL/hr; Flujo de aire, 675 L/hr; % de aspiración, 100%. Los mismos fueron determinados a partir de estudios (Slavutsky et al, 2014).

### 3.3. Rendimiento (%R) y Humedad de las Muestras Obtenidas (%H).

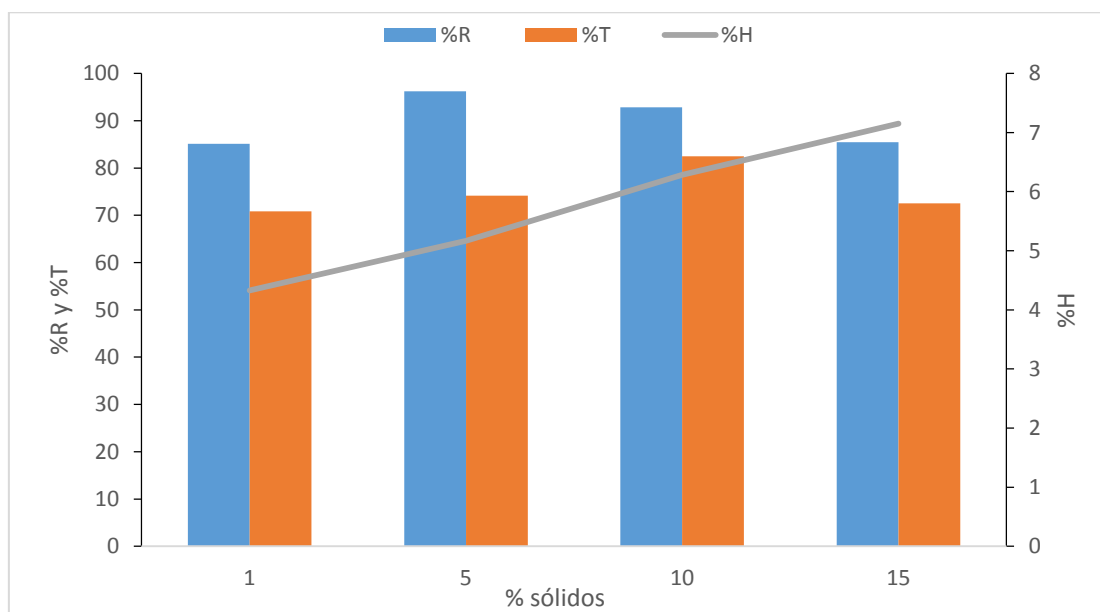
El rendimiento de recuperación de biomasa se determinó a partir de los sólidos secos presentes en la suspensión y el polvo recuperado luego de finalizada la etapa de secado. La humedad del producto obtenido se determinó empleando el método propuesto por la AOAC (AOAC, 1984).

### 3.4. Estudios de Viabilidad Microbiana.

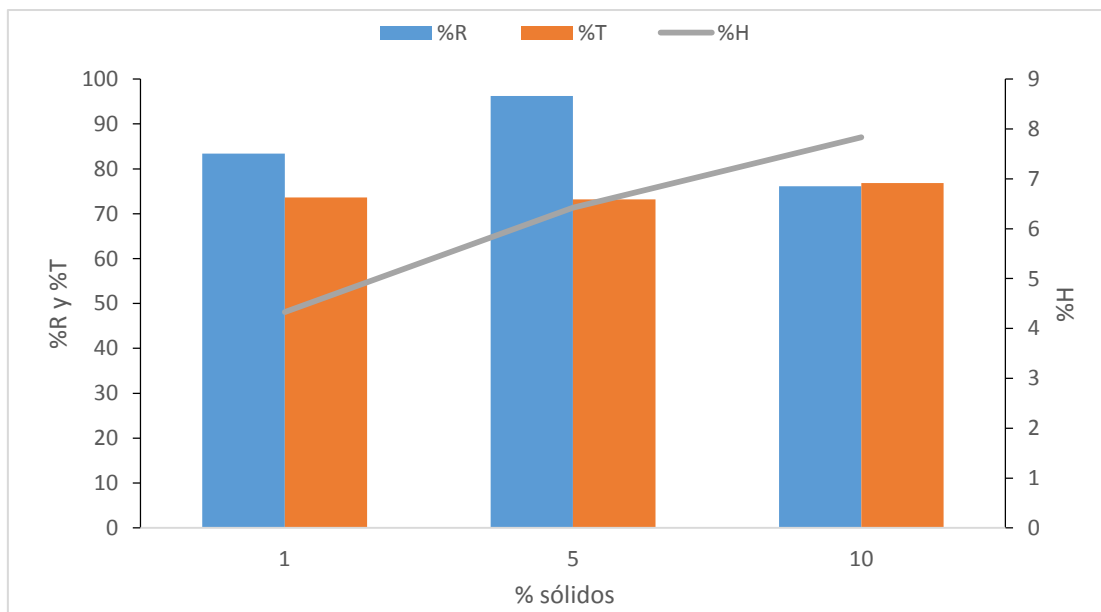
La viabilidad de los fermentos frescos y deshidratados se estudió mediante el siguiente análisis microbiológico: se determinó el número de células viables de cada fermento, antes y después de los diferentes tratamientos, por recuento en placa. Para ello, se realizaron diluciones decimales en solución fisiológica y se utilizó como medio BHI. Las placas se incubaron a 37°C en condiciones de microaerofilia. El recuento se informó en UFC/g de biomasa seca. La tasa de sobrevivencia (%T), se calculó como la división entre las UFC/g finales e iniciales, luego del tratamiento de secado por spray. El resultado se expresó en porcentaje.

## 4. Resultados.

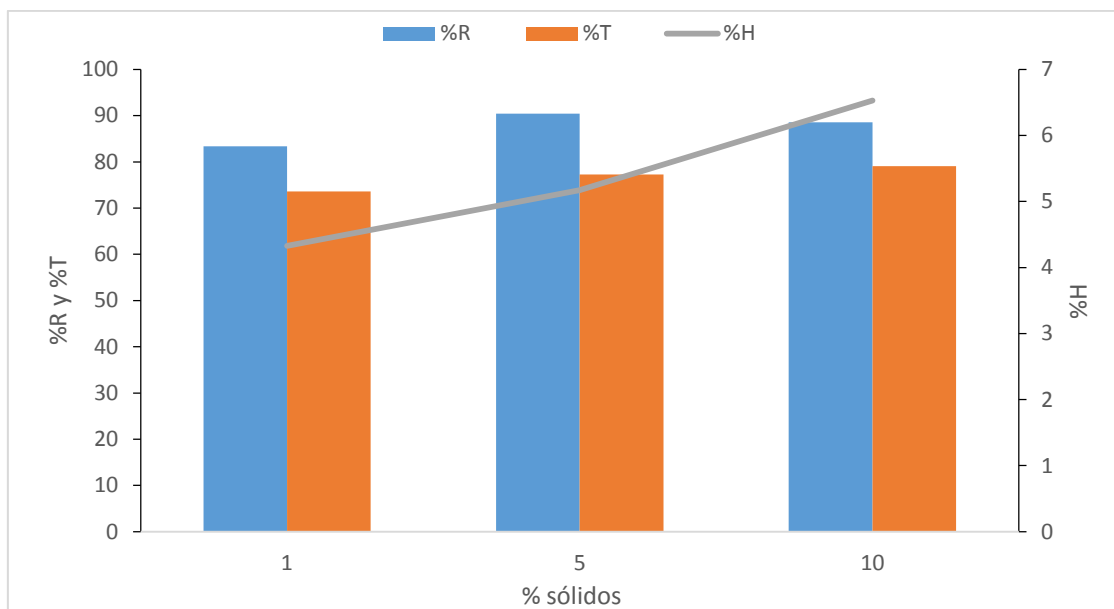
De acuerdo con Ranadheera et al (2010), la finalidad de la incorporación de matrices encapsulantes en la formulación de cultivos estériles y probióticos, es actuar como un amortiguador durante el almacenamiento, así como en el tránsito estómago hasta el tracto intestinal además de ofrecer una protección durante el procesamiento térmico. En las Figuras 1, 2, 3 y 4, se observan los resultados obtenidos para las diferentes matrices empleadas, en las concentraciones estudiadas.



**FIGURA 1.** Efecto de la incorporación de pectina en %R, %T y %H.

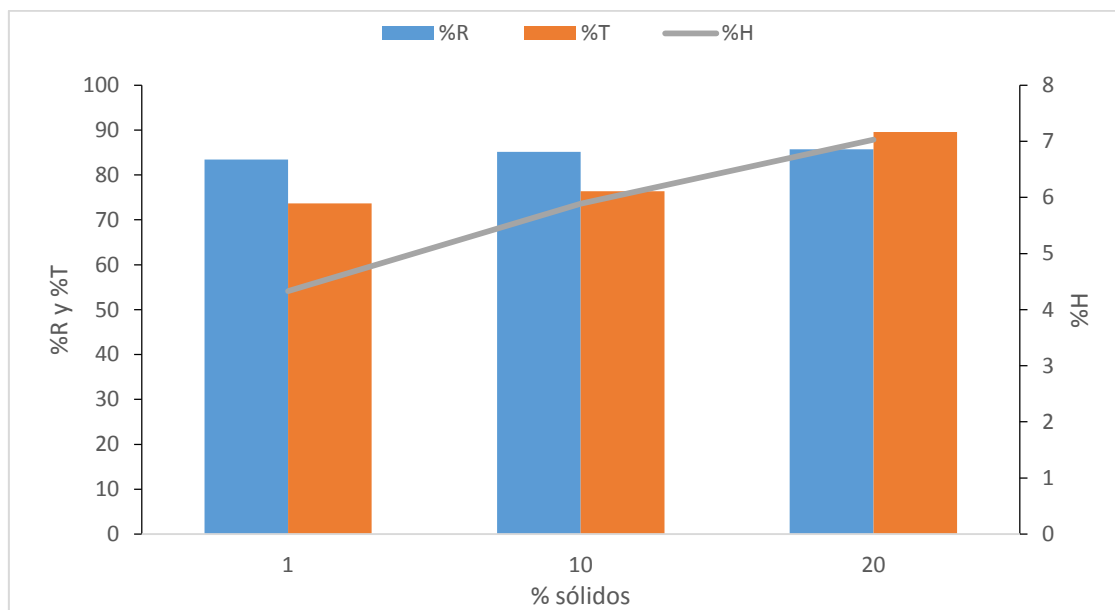


**FIGURA 2.** Efecto de la incorporación de gelatina en %R, %T y %H.



**FIGURA 3.** Efecto de la incorporación de alginato en %R, %T y %H.

En términos generales, se puede mencionar que la incorporación de matrices, produce un aumento en la humedad, la recuperación del producto y la viabilidad del producto. Los resultados indican que, dependiendo del tipo de matriz empleada, las propiedades del producto obtenido, varía considerablemente. Por ejemplo, el empleo de LDR, produce un aumento importante en la viabilidad microbiana (89%), al ser incorporada al 20%, con una recuperación del producto del 83%. En cambio, el empleo de pectina al 10%, se obtiene un % de sobrevivencia del 82.5% y un %R del 92%. A su vez, la humedad de ambos productos, en las mencionadas concentraciones, varía entre un 7 y un 6.3%. En el caso de la gelatina y el alginato, se observa que el aumento de la concentración de las matrices, produce un leve aumento de la viabilidad microbiana (del 73 al 76 y 79%, respectivamente), acompañado del incremento de la humedad del producto y la disminución del producto recuperado.



**FIGURA 4.** Efecto de la incorporación de LDR en %R, %T y %H.

La viscosidad de la suspensión que va a ser atomizada, se modifica considerablemente al incrementar la concentración de sólidos resultando en partículas más grandes. Según Ré (1998), las suspensiones de alimentación más concentradas producen partículas más grandes. Estas partículas presentan proporciones relativamente más pequeñas entre el área superficial y el volumen y una mayor retención de núcleo, requiriendo así, tiempos de ajuste más largo durante el secado que pueden reducir la viabilidad celular, debido al mayor tiempo de contacto de las partículas con el aire caliente. Por otro lado, el aumento de la temperatura de entrada de aire aumenta la velocidad de secado. Por lo tanto, la retención de la viabilidad bacteriana durante el secado bajo diferentes condiciones de procesamiento, puede ser el resultado de los efectos de los aumentos en la viscosidad y en la velocidad de secado. A su vez, la incorporación de matrices, favorece la viabilidad microbiana, al proteger los fosfolípidos de las membranas celulares (Ananta et al., 2005).

Es importante tener en cuenta, que un aumento en la concentración de sólidos, también tiene efecto en la humedad y la cantidad de polvo recuperado. Al analizar la relación que existe, entre la humedad del producto y la biomasa recuperada al final de proceso, se observa, que cuando la humedad del polvo se encuentra por debajo del 6.5%, las pérdidas debidas a la adhesión del producto a las paredes del equipo, disminuyen. Esto se hace más evidente, en las muestras en las cuales se empleó pectina y gelatina.

Debido a la higroscopicidad de los biopolímeros, es lógico esperar un aumento en la humedad del producto, al aumentar la concentración del mismo en la suspensión. Además, debido a las características de la operación que envuelven la operación de secado por spray, se ha observado que el aumento de la concentración de matrices encapsulantes, produce una disminución del rendimiento del polvo recuperado, debido a que el mismo se adhiere a las paredes del equipo (Boza et al, 2004).

#### **4. Conclusión.**

La incorporación de matrices, provee a los polvos obtenidos por secado a spray, mejoras en las características del producto. Esto se hace evidente al analizar el aumento de viabilidad del producto obtenido y en las mejoras en el rendimiento. A su vez, es importante notar, el aumento que se observa en la humedad del producto, lo que puede acarrear problemas durante la etapa de conservación y almacenamiento. En base a los

resultados obtenidos, se puede mencionar, que la matriz con la cual se obtiene mejor sobrevivencia, con un rendimiento apropiado y humedad del producto, relativamente baja, es la LDR al 20%.

## 5. Bibliografía.

- Ananta, E., Volkert, M., & Knorr, D. (2005). Cellular injuries and storage stability of spray-dried *Lactobacillus rhamnosus* GG. *International Dairy Journal*, 15(4), 399–409.
- Boza, Y.; Barbin, D.; Scamparini, R. P. (2004). Effect of Spray-Drying on the Quality of Encapsulated Cells of *Beijerinckia* Sp. *Process Biochemistry* 39(10): 1275–1284.
- Chávez, M; Orosco, S; Sanchez, V; Martinez, M; Torres, N y Candotti J (2011). SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA: Valles Áridos y Quebradas del NOA como caso de estudio. Ier Taller Nacional sobre Tecnologías Productivas disponibles para el sector de los Pequeños Rumiantes en la República Argentina (Mendoza). CD pag. 10
- Fu, N., & Chen, X. D. (2011). Towards a maximal cell survival in convective thermal drying processes. *Food Research International*, 44(5), 1127–1149.
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67–78.
- Ranadheera, R.D.C.S., Baines, S.K., Adams, M.C., 2010. Importance of food in probiotic efficacy. *Food Research International* 43 (1), 1–7.
- Ré, M. I. (1998). Microencapsulation by spray-drying. *Drying Technology*, 16:413–25.
- Schuck, P., Dolivet, a., Méjean, S., Hervé, C., & Jeantet, R. (2012). Spray drying of dairy bacteria: New opportunities to improve the viability of bacteria powders. *International Dairy Journal*, 1–6.
- Slavutsky, A; Chávez, M; Bertuzzi, A. (2014). Optimización de obtención de *enterococcus lactis* mediante spray drying. Entre Ríos, Argentina. International Conference of Food Innovation. Artículo completo. Soporte digital.
- Torres, N; Chávez, M; Audisio C. (2009). Evaluación de la capacidad acidificante y de formación de compuestos generadores de sabores de bacterias lácticas caprinas.) X Congreso Latinoamericano de Microbiología e Higiene de los Alimentos. Uruguay, Soporte electrónico colmic.
- Vinderola G. (2008). Dried cell-free fraction of fermented milks: new functional additives for the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 19, 40-46.

## 15TCA - EMPLEO DE *SPRAY DRYING* A ESCALA PILOTO PARA LA OBTENCIÓN DE BACTERIAS LÁCTICAS PROBIÓTICAS

SLAVUTSKY, A. M.<sup>1</sup>; CHAVEZ, M.<sup>2</sup>; FÁVARO TRINDADE C. S.<sup>3</sup>; BERTUZZI, A. M.<sup>1</sup>

1. INIQUI (CONICET-CCT) y Facultad de Ingeniería (UNSa). Av. Bolivia 5150 Salta. Argentina.

E-mail: [amslavutsky@gmail.com](mailto:amslavutsky@gmail.com)

2. INTA-EEAA Cerrillos (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Ruta Nacional 68 - Km 172 Salta. Argentina.

3. Laboratório de Produtos Funcionais, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga. Av. Duque de Caxias Norte, 225, Pirassununga. Brasil.

### Resumen

Diferentes investigadores, se han focalizado en la producción de cultivos iniciadores mediante el secado por *spray drying* a escala laboratorio, sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado a escala piloto. En estudios previos, nuestro grupo de investigación realizó diferentes experimentos a escala laboratorio sobre la deshidratación de bacterias lácticas de origen caprino. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue obtener cultivos iniciadores deshidratados con un equipo de secado por *spray* de escala piloto y estudiar el efecto del caudal de alimentación y el % de matriz encapsulante incorporada, en la calidad del producto obtenido. Se trabajó con un *spray dryer* (Maqi-MSD5.0, Brasil). La cepa estudiada, fue *Lactobacillus acidophilus novo*, donado por la empresa SAECO-Liofast. La matriz encapsulante utilizada contenía leche deshidratada (15 g/L), maltodextrina (2 g/L) y pectina en 3 concentraciones diferentes (8, 12 y 16 g/L). La temperatura de entrada y el flujo del aire, permanecieron constante, mientras, que se analizó el efecto de la velocidad de alimentación en tres valores de caudal diferentes (30, 40 y 50 mL/min). De esta manera, se diseñó un experimento multivariante con 2 factores (caudal de alimentación y % de pectina incorporado) y 3 niveles (3<sup>2</sup>). Se estudió el efecto de las variables, a través del estudio de la viabilidad y la determinación de la tasa de sobrevivencia (%T), la temperatura de salida (Ts), el tamaño de las partículas y la humedad del producto. El análisis de los resultados, se realizó mediante graficas de superficie de respuestas. Para ello, se obtuvieron las ecuaciones de regresión, empleando una regresión lineal generalizada. Los resultados indican, que el aumento de la concentración de pectina y del caudal de alimentación, producen un aumento en la viabilidad y en la humedad del producto. Se observa, una dependencia lineal entre la temperatura de salida, con la viabilidad del cultivo en polvo obtenido, alcanzándose el óptimo para %T del 78% y Ts de 86°C. El diámetro medio de Sauter (d<sub>3,2</sub>) de las partículas, varió entre 5.6 y 7.6 µm, dependiendo de las variables de trabajo. El estudio realizado permitió conocer las dificultades típicas del cambio de escala, en la producción de biomasa y secado por *spray* y el efecto de las variables del proceso sobre el producto. En base a los resultados obtenidos se concluye que es necesario readecuar los parámetros de operación a las características y escala del equipo a utilizar.

### 1. Introducción

Los probióticos se definen como microorganismos vivos, que al ser ingerido en cantidades suficientes ejercen beneficios para la salud, más allá de la nutrición básica inherente. El número mínimo de bacterias necesarias para proporcionar cualquier efecto

deseado, luego de su ingestión, debe ser de aproximadamente  $10^6$ - $10^7$  UFC/mL (Priya et al. 2011). Por lo tanto, la viabilidad de las bacterias probióticas durante el almacenamiento es importante. La liofilización es una de las principales técnicas empleadas en la obtención de cultivos estériles y probióticos para su posterior uso en la industria. Dentro de sus desventajas, se pueden citar los elevados costos de producción, la necesidad de una mano de obra especializada y los largos tiempos de procesamiento (Peighambardoust et al., 2011).

La técnica de secado por spray o pulverización (*spray drying*), se presenta como una alternativa económica y efectiva para la producción de cultivos iniciadores. Se trata de una operación que consiste en convertir un alimento líquido en un producto en polvo, con mínima manipulación del material, disminuyendo su tamaño y su contenido de humedad, lo que favorece la preservación del alimento (Vinderola, 2008). Dentro de sus ventajas, se pueden citar, el bajo costo de producción y el corto tiempo de procesamiento. La versatilidad del proceso de secado por pulverización y los considerables progresos realizados a través de la innovación tecnológica, han llevado a una mayor flexibilidad en el manejo de esta tecnología, lo que permite cumplir con los requisitos biotecnológicos, especialmente en lo referido a tratamientos térmicos más suaves, a fin de evitar la pérdida de actividad microbiana.

El proceso de secado, se pueden resumir de la siguiente manera: i) Preparación del inóculo, ii) Formulación de las suspensiones de los microorganismos, iii) Deshidratación, iv) Almacenamiento y envasado del producto y v) Rehidratación del polvo y estudio de la viabilidad de los microorganismos. El estudio de cada una de estas etapas, es determinante en la calidad del producto final, no obstante, las investigaciones realizadas hasta el momento, indican que los parámetros operacionales del equipo y las sustancias protectoras empleadas, juegan un rol determinante en la viabilidad microbiana final (Wang et al., 2004).

Numerosos estudios relativos a la supervivencia de diferentes cultivos lácticos obtenidos por secado por pulverización, han sido reportados por varios investigadores (Lian et al 2002; Ananta et al., 2005). La mayoría de estos estudios, se han focalizado en la producción de cultivos iniciadores mediante el secado por *spray drying* a escala laboratorio, sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado a escala piloto. En estudios previos, nuestro grupo de investigación realizó diferentes experimentos a escala laboratorio sobre la deshidratación de bacterias lácticas de origen caprino.

## **2. Objetivo**

El objetivo del presente trabajo, fue obtener cultivos iniciadores deshidratados con un equipo de secado por *spray* de escala piloto y estudiar el efecto del caudal de alimentación y el % de matriz encapsulante incorporada, en la calidad del producto obtenido.

## **3. Metodología**

### **3.1. Cultivo.**

Se empleó una cepa de *Lactobacillus acidophilus novo*, donado por la empresa SAECO-Liofast. La cepa se cultivó a 37°C durante 24 horas, en condiciones de aerofilia, en 5 mL de medio Man, Rogosa y Sharpe (MRS, ACUMEDIA, Brasil). Se realizaron repiques sucesivos, a fin de producir 1000mL de biomasa. Posteriormente, se centrifugó el medio a 7000 rpm a 5°C durante 7min. La biomasa recuperada se lavó dos veces con solución de citrato de sodio al 2%.

### **3.2. Solución encapsulante.**

Las células lavadas, se resuspendieron en una solución que contenía las matrices empleadas como encapsulantes. Dicha solución, estaba compuesta por pectina de bajo metoxilo (CPKELKO, Brasil), maltrodextrina (2 g/l) (Ingredion, Brasil) y leche deshidrata reconstituida (30 g/l) (LDR, Itámbé, Brasil). Las matrices incorporadas, fueron homogeneizadas a 10.000 rpm (IKA-T25), durante 10min y esterilizadas a 121°C. La composición del medio, puede observarse en la tabla 1. La concentración final de la suspensión de células fue de  $3.70 \times 10^8$  UFC/g ( $\pm 0.4 \times 10^8$ ).

**TABLA 1.** Composición del medio encapsulante y variables de secado empleadas

Pectina (g/L)	8.00	12.00	16.00
Caudal de Alimentación (mL/min)	30	40	50
Te (°C)	170		
Flujo del Aire (L/min)	60		

### 3.3. Procedimiento de Secado por Espray.

El secado de las muestras, se realizó mediante el empleo de un *Spray Dryer* piloto Lab Maqui-MSD 5.0 (Brasil). La temperatura de entrada (Te) y el flujo del aire (FA), se mantuvieron constantes, y se estudió el efecto del caudal de entrada de la materia prima (CA). En la Tabla 1, figuran los valores empleados para el procedimiento de secado. De esta manera, se realizó un diseño con 2 factores (CA y pectina) y 3 niveles ( $2^3$ ) con 3 repeticiones en el punto central.

### 3.4. Análisis realizados en el producto obtenido.

Se estudió el efecto de las variables, a través del estudio de la viabilidad y la determinación de la tasa de sobrevida (%T), la temperatura de salida (Ts), el tamaño de las partículas y la humedad del producto.

La viabilidad de los fermentos frescos y deshidratados se estudió mediante el siguiente análisis microbiológico: se determinó el número de células viables de cada fermento, antes y después de los diferentes tratamientos, por recuento en placa. Para ello, se realizaron diluciones decimales en solución de citrato de sodio al 2% y se utilizó como medio MRS. Las placas se incubaron a 37°C en condiciones de aerofilia. El recuento se informó en UFC/g de biomasa seca. La tasa de sobrevida (%T), se calculó como la división entre las UFC/g finales e iniciales, luego del tratamiento de secado por espray. El resultado se expresó en porcentaje.

El tamaño de las partículas se determinó por difracción de una suspensión del polvo obtenido en alcohol (97°). Para esto, se empleó un equipo de difracción Laser Diffraction Particle size analyzer (SALD-201V, Shimadzu, Japon). Cada análisis se realizó por triplicado. Se determinó el diámetro medio de partículas de Sauter ( $d_{3,2}$ ), empleando la siguiente formula:

$$d_{3,2} = \frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{\sum n_i \cdot d_i^2} \quad (1)$$

Donde  $n_i$  es la partícula "i" y  $d_i$  es el diámetro de la partícula "i".

La humedad del producto obtenido se determinó empleando el método propuesto por la AOAC (AOAC, 1984). Para esto, se empleó Analizador de Humedad MB-35 (OHAUS, USA). Cada análisis se realizó por triplicado.

### 3.5. Análisis Estadístico

Para analizar el efecto de las variables independiente, sobre las variables de respuesta, se empleó el Modelo Lineal Generalizado, y se evaluaron los resultados mediante análisis ANOVA y gráficos de Superficie-Respuesta. El análisis matemático del modelo



elegido, la realización de los gráficos Superficie-Respuesta y la optimización de modelo, se realizó mediante el Software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.

#### 4. Resultados.

En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos para cada experimento realizado. Las variables independientes (CA y concentración de pectina), se presentan de manera codificada. En términos generales, se puede mencionar que la Ts disminuye con el aumento del caudal de ingreso de la suspensión y aumenta a medida que aumenta el contenido de pectina de la suspensión. En cambio, la humedad del producto aumenta con el aumento del caudal de alimentación y el contenido de pectina. Un efecto contrario, se observa con el tamaño de las partículas, cuyo diámetro disminuye con el aumento del caudal y el contenido de pectina.

<b>TABLA 2.</b> Resultados obtenidos a partir de los experimentos realizados											
CA (mL/min)	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	0	0
Pectina (g/L)	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	0	0
Ts (°C)	81	71.5	68	93	87	81	98	87	76	85	90
%H	5.41	6.21	6.82	6.92	8.86	9.41	7.23	9.11	10.35	8.13	9.35
%T	45.26	61.04	67.18	67.44	77.52	81.40	70.00	79.07	73.64	73.64	77.52
d <sub>3,2</sub> (μm)	7.63	7.30	6.59	7.11	6.61	6.10	6.85	6.39	6.51	6.33	6.85

A fines de poder realizar un análisis más profundo de los resultados, se obtuvieron las ecuaciones de regresión, para las diferentes variables dependientes. Las ecuaciones 2 – 5, son las regresiones obtenidas para cada variable dependiente. A fines prácticos, se nombra a CA como variable “x” y a la concentración de pectina como variable “y”. El coeficiente de R<sup>2</sup> fue mayor a 0.95 en todos los casos, y de acuerdo al análisis de variancia, las ecuaciones obtenidas poseen un p ≤ 0.05 en todos los casos.

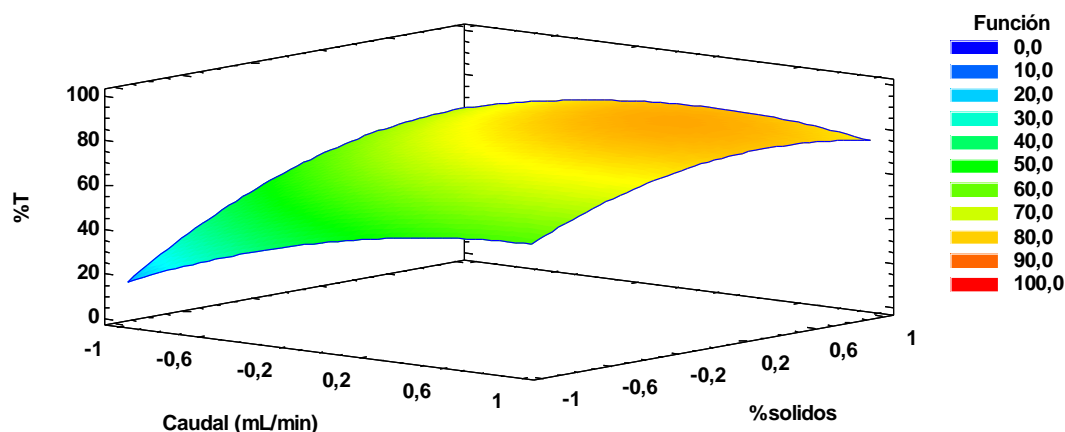
$$\%T = 75,9312 + 12,1915 \cdot x + 17,2126 \cdot y - 9,3638 \cdot x^2 - 7,93848 \cdot x \cdot y - 12752 \cdot y^2 \quad (2)$$

$$\%H = 8,534 + 2,34 \cdot x + 2,75 \cdot y - 2,02467 \cdot y^2 \quad (3)$$

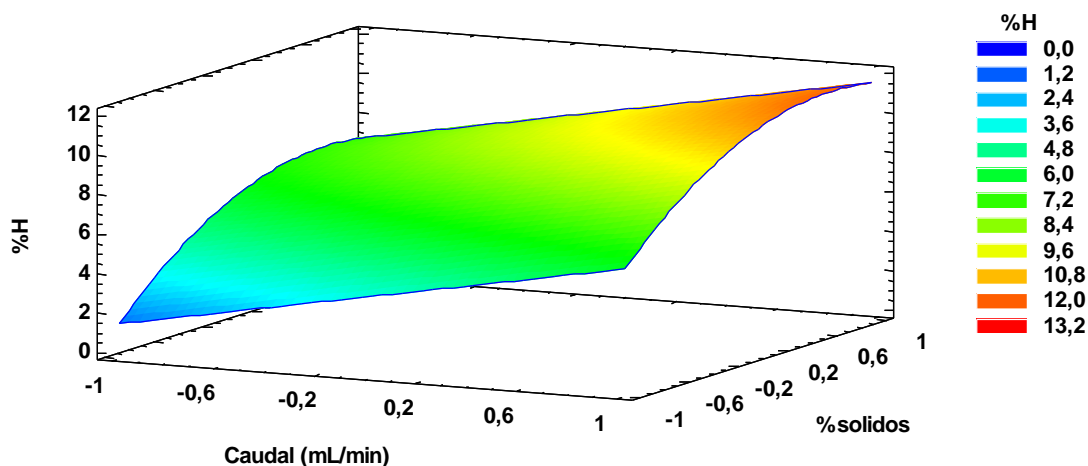
$$Ts = 74,7273 - 13,6667 \cdot x + 14 \cdot y \quad (4)$$

$$d_{3,2} = 6.47445 - 1,2933 \cdot x + 0,5933 \cdot y \quad (5)$$

Se observa, que solo el %T y %H, presentan efectos cuadráticos, mientras que para el resto de las variables dependientes, solo se observan efectos lineales. A partir de las ecuaciones de regresión, se obtuvieron los gráficos superficie respuesta. En las figuras 1 y 2, se observan los resultados obtenidos para %T y el %H.



**FIGURA 1.** Gráfico superficie respuesta de la tasa de sobrevida.



**FIGURA 2.** Gráfico superficie respuesta de la humedad de las muestras.

En las gráficas, se puede observar que el aumento de sobrevida de los cultivos, aumenta a medida que aumenta el caudal y la concentración de pectina en la suspensión, alcanzando se un máximo. En el caso de la humedad, se observa un efecto similar. Esto puede deberse a las características higroscópicas del material empleado como encapsulante. El efecto de la Ts y su relación con el % de sobrevida, se hace evidente al analizar los resultados de la Tabla 2. Un aumento en la temperatura de salida, produce mayor daño en las estructuras de las células microbianas, principalmente en las membranas celulares y la inactivación de enzimas de los mismos, produciendo una rápida caída de la viabilidad del producto obtenido (Favaro-Trindade y Grosso, 2002). Las lesiones y la muerte celular son probablemente causadas por una pérdida de proteínas de la pared celular, así como también, por la pérdida de agua, siendo ambos factores extremadamente importantes para el mantenimiento de la integridad estructural y funcional de las macromoléculas biológicas (Brennan et al. 1983). La incorporación de matrices, favorece la viabilidad microbiana, al proteger los fosfolípidos de las membranas celulares (Ananta et al., 2005). La velocidad de secado del medio de cultivo depende de dos factores; el caudal de alimentación y la temperatura de entrada del aire. Por lo tanto, en las condiciones experimentales empleadas, la velocidad de evaporación del agua del medio de cultivo, depende de estas variables. Al aumentar el caudal de alimentación, disminuye el tiempo de residencia, y en definitiva, de contacto entre el

aire caliente y la suspensión de bacterias, lo que produce un polvo con mayor contenido de humedad y un aumento de la tasa de sobrevivencia, debido a que se produce una menor desnaturalización de las proteínas en las células. Es importante mencionar, que el contenido de humedad impacta en la tasa de sobrevivencia del producto y en la facilidad de almacenamiento e incorporación del producto en el alimento. De acuerdo con Wang et al. (2004), el contenido de humedad del producto, es la variable más importante a tener en cuenta, para garantizar un buen almacenamiento. Un producto con bajo contenido de humedad, previene el crecimiento de otros microorganismos patógenos o contaminantes (bacterias, hongos y levaduras), que puedan perjudicar la aplicación del polvo en productos alimenticios.

Esto se puede observar, en las curvas paramétricas (Figura 3). A medida que aumenta la  $T_s$ , se observa una disminución de la viabilidad de los microorganismos y un aumento de la humedad del polvo obtenido. Además, el análisis de las curvas paramétricas permite establecer un rango de trabajo dentro del cual, es posible obtener la mayor viabilidad, con menor  $T_s$  y humedad del producto. En el caso de este estudio, trabajando con una concentración de sólidos de entre 12-14 g/L y un caudal de alimentación entre 40 y 45 mL/min, los resultados indican, que se obtendría un producto con una humedad entre 8.4-9.2%, con una viabilidad de aproximadamente un 74% y  $T_s$  que varían entre 87 y 82°C. Trabajando en condiciones superiores a este rango, la viabilidad del producto disminuye y la  $T_s$  y la humedad aumentan notoriamente. Si se trabaja por debajo de este rango, la viabilidad y la humedad del producto disminuyen considerablemente. Un análisis al moverse por los extremos opuestos de la gráfica paramétrica.

El tamaño de las partículas obtenidas, es un factor importante a tener en cuenta, al momento de solubilizar el producto en la materia prima que va a emplearse, ya que los diferentes materiales que se emplean como matriz encapsulante, presentan diferentes grados de solubilidad en diferentes sustancias. Esto afectará al desempeño del starter en la fermentación de la materia prima. El tamaño de las partículas obtenidas, varía entre 5.6 y 7.6  $\mu\text{m}$ , lo que representa un polvo fino, que es capaz de solubilizarse fácilmente en soluciones acuosas. Aunque, debe tomarse en cuenta, que al emplearse pectina como parte del material encapsulante, la misma presenta baja solubilidad en soluciones en las que puedan encontrarse iones bivalentes.

## **5. Conclusiones.**

El estudio realizado permitió conocer las dificultades típicas del cambio de escala, en la producción de biomasa y secado por spray y el efecto de las variables del proceso sobre el producto. El efecto de las variables estudiadas, producen modificaciones importantes en los resultados obtenidos. Pequeñas modificaciones en la concentración de sólidos empleadas o en el caudal con que se alimenta la suspensión de células, produce modificaciones importantes en las variables respuestas. Esto se hace evidente al analizar los resultados obtenidos. Por ejemplo, la modificación de las variables, produce un polvo cuya humedad varía entre un 5 y 10% y la viabilidad, se encuentra entre un 45 y un 81%. A partir del análisis de las curvas paramétricas, se pudo obtener un rango de trabajo, el cual permitiría obtener un producto con alta viabilidad y estabilidad durante su almacenamiento.

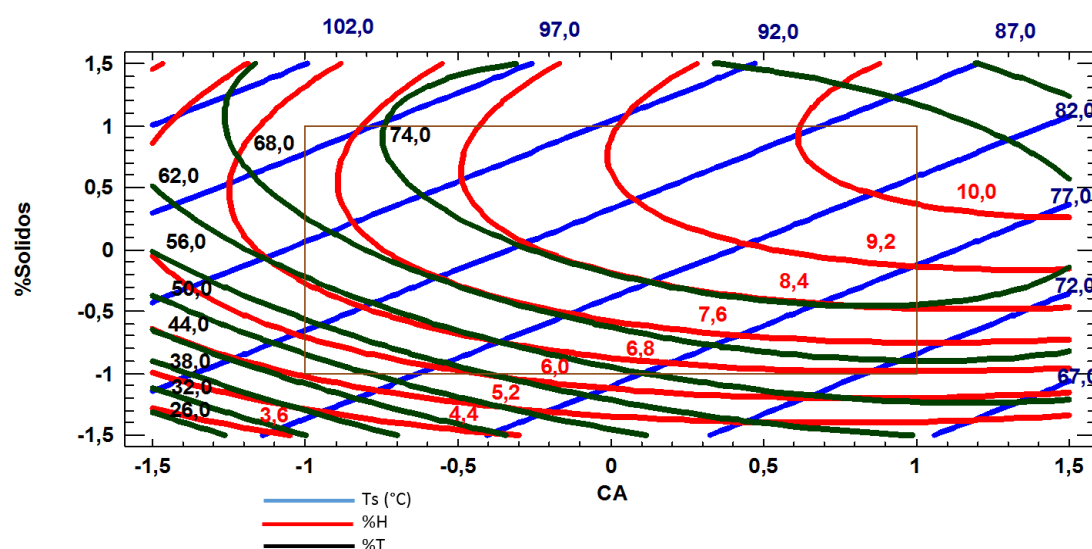


FIGURA 3. Curvas paramétricas de Ts, %H y %T.

## 6. Bibliografía.

- Ananta, E.; Volkert, M.; Knorr, D. (2005). Cellular injuries and storage stability of spray-dried *Lactobacillus rhamnosus* GG. *International Dairy Journal*, 15: 399-409.
- AOAC, 1984. *Official Methods of Analysis*, 14th edn. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Brennan, M.; Wanismail, R.; Ray, B.; (1983). Prevalence of viable *Lactobacillus acidophilus* in dried commercial products. *Journal of Food Protection* 46 (10): 887-892.
- Favaro-Trindade, C. S.; Grosso, C. R. F. (2002). Microencapsulation of *L. acidophilus* (La-05) and *B. lactis* (Bb-12) and evaluation of their survival at the pH values of the stomach and in bile. *Journal of Microencapsulation*, 19: 485-494.
- Lian, W. C.; Hsiao, H. C.; Chou, C. C. (2002). Survival of *bifidobacteria* after spray drying. *International Journal of Food Microbiology*, 74: 79-86.
- Peighambardoust, S.H.; Golshan Tafti, A.; Hesari, J. (2011). "Application of Spray Drying for Preservation of Lactic Acid Starter Cultures: A Review." *Trends in Food Science & Technology* 22(5): 215-224.
- Priya, A.; Vijayalakshmi, S. P.; Raichur, A. M. (2011) Enhanced survival of probiotic *Lactobacillus acidophilus* by encapsulation with nanostructured polyelectrolyte layers through layer-by-layer approach. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59: 11838-11845.
- Vinderola G. (2008). Dried cell-free fraction of fermented milks: new functional additives for the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 19: 40-46.
- Wang, Y. C.; Yu, R. C.; Chou, C. C. (2004). Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying, subsequent rehydration and storage. *International Journal of Food Microbiology*, 93: 209-217.

**16TCA - EVALUACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN:  
EXTRACTOS CONCENTRADOS DE ORUJOS TINTOS Y HARINA DE  
ORUJOS EMPLEADA EN LA ELABORACION DE GALLETITAS  
CONSERVADAS A DIFERENTES ATMOSFERAS CONTROLADAS**

**MASCIARELLI, R.; LUCERO, H. D.; SILVESTER, S. A.; BONFIGLI, M.**

**Centro de Investigaciones y Desarrollo en Tecnología de los Alimentos (CIDTA).  
Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. Zeballos 1341,  
Rosario, Santa Fe, Argentina.**

**E-mail: mascia@netcoop.com.ar**

**Resumen**

Los orujos de vides tintas (variedad malbec) se deshidrataron mediante estufa con recirculación de aire a 60 °C, luego se molieron hasta obtener una harina. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad antioxidante de la misma, que se derivó para dos procesos:

1-Obtención de un extracto de orujo concentrado (EOC), sobre dicho extracto de orujo concentrado, se prepararon soluciones etanólicas y se determinaron el contenido de polifenoles totales (CPT) y el DPPH\* residual (DPPH\* res.).

2-Se prepararon galletitas con 20 y 10 % de harina de orujos tintos y galletitas testigos (0 % de harina de orujos tintos) las cuales fueron sometidas a atmosfera controlada con actividades acuosas (*A<sub>w</sub>*) de 80, 60 y 40 % de HR respectivamente. Se evaluaron en el tiempo el CPT, DPPH\* res.

Para los EOC en concentraciones entre 0.05-2 mg de extracto/mL, los valores de CPT y DPPH\* res. oscilaron entre 0.066-2.72 mg de AGE/g de ms y 81.5-0.7 %, respectivamente.

Los mayores valores de CPT en función del tiempo se obtuvieron para las galletitas tanto con 10 y 20 % de harina de orujos tintos para la *A<sub>w</sub>*=80 %. Con respecto al DPPH\* residual, para los mismos contenidos de harina de orujos incorporados los valores alcanzados para la atmósfera controlada con *A<sub>w</sub>*=80 %, estuvieron por debajo de los correspondientes a las actividades de 40 y 60 %.

Se evaluaron cualitativamente la aparición de flora microbiana sobre las galletitas y los tiempos de vida útil, resultaron de hasta 120 y 100 días para las galletitas en las atmosferas del 40 y 60 %. En tanto que para la atmosfera de control del 80 %, no superaron los 30 días de conservación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el EOC y la harina de orujos tintos pueden emplearse como aditivo para reforzar la calidad nutricional de los alimentos.

Palabras claves: orujos tintos, atmosfera controlada, DPPH\* residual

**1. Introducción**

El avance de la ciencia y la tecnología han permitido conocer más y mejor la relación entre la dieta humana y la salud. En este sentido, en los últimos años se han estudiado ampliamente los compuestos presentes en la uva (Heber, 2007), siendo las estructuras más reportadas: proantocianidinas monoméricas, diméricas y triméricas así como sus derivados acilados (Ugartondo *et al.*, 2007; Cortell *et al.*, 2007; Kammerer *et al.*, 2004). Así mismo se han evaluado las propiedades biológicas tanto de extractos de uva como de compuestos derivados de ella, encontrándose que poseen actividad antioxidante, citotóxica, antigenotóxica y antiangiogénica (Llopiz *et al.*, 2004).

Las agroindustrias producen una gran cantidad de subproductos por año, generalmente considerados como residuos pero que pueden llegar a ser fuente de compuestos con actividad biológica. Una de ellas, la industria vitivinícola en general, como parte del proceso de elaboración de vino tinto produce un subproducto sólido llamado “orujo”, el cual está constituido por semilla, hollejo y tallos de uva el cual generalmente se desecha o en algunos casos se utiliza como forraje para ganado. Los orujos de uvas obtenidos luego del prensado en la fabricación de vinos, constituyen una fuente de antioxidantes naturales, constituidos por compuestos polifenólicos que a su vez presentan propiedades anticancerígenas, antitrombóticas y antihepatotóxicas.. La propiedad preponderante en los compuestos presentes en la uva, ya sea extractos de partes de ésta, vino tinto o el fruto completo, es mayoritariamente antioxidante. Los compuestos polifenólicos de la uva poseen en su estructura química una gran variedad de grupos –OH, lo cual se relaciona con su capacidad antioxidante (Kelm et al., 2005; Guendez et al., 2005; Revilla and Ryan, 2000).

## **2. Objetivos**

El objetivo de esta investigación es la de determinar la capacidad antioxidante de harinas de orujo sobre galletitas preparadas con distintas proporciones de estas harinas y harina de trigo colocadas en sistemas de atmosfera controlada de distintas actividades acuosas, comparadas con la capacidad antioxidante del extracto de orujo concentrado; evaluándose cualitativamente la aparición de flora microbiana a los efectos de determinar los tiempos de vida útil correspondientes.

## **3. Materiales y Métodos**

### **3.1. Materiales**

Los orujos tintos variedad Malbec, cosecha 2010, fueron provistos por la Cátedra de Enología II de la Universidad Nacional de Cuyo, se recibieron en envases de plástico antes de las 24 horas desde su envío, y se almacenaron en freezer a -18 °C hasta su preparación.

### **3.2. Reactivos químicos**

Los siguientes reactivos químicos fueron provistos por Sigma comercial Co. (St. Louis, USA): 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH\*) catequina, ácido gálico, carbonato de sodio; reactivo de Folin-Ciocalteu. Todos los reactivos químicos y solventes usados son de grado reactivo analítico.

### **3.3. Metodología de trabajo**

#### **3.3.1. Obtención de la harina de orujo**

Los orujos fueron distribuidos en una bandeja de plástico con el fondo perforado, para permitir la circulación del aire, y secados durante 525 minutos en estufa con recirculación de aire a 60°C, hasta un contenido de humedad cercano al 7%. El material seco obtenido fue molido con molino de cuchillas hasta que el material pasó por tamiz malla 40 ASTM; lográndose una harina de orujos tintos.

#### **3.3.2. Obtención del extracto de orujos concentrado (EOC)**

A partir de la harina de orujos se efectuó una extracción etanólica a 25 °C, con agitación y en ausencia de luz, por inmersión de 5 g de muestra seca en 25 ml de etanol, durante 3 horas, se filtró desechando el sólido, la solución fue sometida a vacío de 120 mm de Hg en un kitasato sumergido en un baño termostatzado a 45 °C. Se prosiguió la operación hasta que la solución del extracto adquirió una consistencia viscosa. Luego se vertió el

contenido del kitasato a una caja de Petri previamente tarada y se continuó la evaporación mediante ventilación directa sobre la misma hasta peso constante.

### **3.3.2. Preparación de las galletitas**

Los ingredientes fueron pesados en balanza granataria y se mezclaron en seco, mediante una amasadora planetaria, durante 10 minutos hasta lograr una uniformidad en la distribución de la harina de orujos. Luego se incorporó el total del agua prevista de manera gradual y se continuó el amasado por 5 minutos más, hasta lograr una masa maleable. De la misma se extrajeron porciones de 2-3 g, que se cortaron mediante un molde de acero inoxidable de 2 cm de diámetro. Las porciones de masa de forma cilíndrica se colocaron en una asadera de cocina sin enmantecar y sin agregado de aceite vegetal (para evitar la formación de radicales libres antes de colocar las galletitas en el sistema de atmósfera controlada).

Las mismas se hornearon a 160 °C durante 10 minutos, habiéndose previamente ajustado la temperatura del horno mediante una termocupla. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se embolsaron en bolsas herméticas de polietileno de baja densidad y se conservaron en el freezer hasta su utilización. La masa correspondiente a las galletitas de control, se procesó con la misma secuencia operativa pero sin el agregado de harina de orujos.

Las galletitas se prepararon con los siguientes porcentajes de harina de orujos incorporados (PHOI) 20 y 10 % de harina de orujos, además de galletitas testigo sin el agregado de harina de orujo (0% de harina de orujo), de harina de trigo 40,4, 50,4 y 60,4 % respectivamente, además de 16,6 % de azúcar, 8,25 % de huevo, 0,27 % de sal de mesa, 0,27 % de polvo de hornear y 14,12 % de agua.

### **3.3.3. Ensayo en atmósfera controlada**

Se tomaron las galletitas conteniendo 20 y 10 % de harina de orujos y las del control se colocaron en una caja de Petri plástica de 3 cm de diámetro, que se introdujo a su vez en un frasco de vidrio hexagonal. Para las actividades de 80 y 60-40 % se emplearon 25 mL de las soluciones de NaCl al 20% y de dietilenglicol al 70 y 85 % respectivamente. Cada frasco se cerró mediante una tapa metálica a rosca y se dejó en la mesada del laboratorio bajo condiciones de temperatura ambiente. Los tiempos de extracción de las muestras oscilaron entre 0 y 60 días, se sacaron cuidadosamente de la caja de Petri se pesaron, para iniciar la preparación de los extractos.

### **3.3.4. Preparación de extractos de las galletitas**

Con cada galletita, previamente molida, se procedió a realizar la siguiente secuencia operativa:

1-Extracción con 25 mL de etanol durante 3 hs en un agitador a vaivén y al abrigo de la luz. 2-Filtración mediante papel Whatman N° 40, se desecha el residuo y el filtrado constituyendo una solución etanólica; se enrasó a 25 ml con etanol; La solución obtenida, se guardó en el freezer a -18 °C en frascos de vidrio color caramelo. La secuencia operativa descrita se repitió para todas las galletitas durante los tiempos señalados anteriormente.

### **3.3.5. Determinación de humedades**

Las humedades de las galletitas extraídas de las atmosferas controladas respectivas en los tiempos previstos, se calcularon según la siguiente expresión:

$$\% \text{ HUM} = ((M_t - M_i) / M_i) \times 100$$

Mt: masa de la galletita en el tiempo t

Mi: masa inicial de la galletita.

### **3.3.6. Determinaciones analíticas**

#### **3.3.6.1. Contenido de polifenoles totales (CPT).**

Se determinó de acuerdo con el método de Folin-Ciocalteu (FC). (Vega et al. 2009). Una alícuota de 0,5 ml de extracto se transfirió a un tubo de ensayo. Después de 5 min se le añadió 0,5 ml de reactivo de FC; luego se agregaron 2 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (200 g/l) y se agitó. Luego de 15 min de incubación a temperatura ambiente, se agregaron 10 ml de agua bidestilada. El precipitado formado fue removido por centrifugación durante 5 min a 4000 g. Se midió la absorbancia a 725 nm. Los resultados se expresaron como mg ácido gálico equivalente (AGE)/ g de muestra seca.

#### **3.3.6.2. DPPH\* residual**

Se utilizó el método espectrofotométrico de Shimada et al. (1992) para determinar DPPH\*. Se mezcló 1 mL de los extractos con 5 mL de una solución metanólica 0,1 mM de DPPH\*. Luego, se midió la absorbancia a 517 nm mediante un espectrofotómetro Jasco Modelo 7800 UV-Vis (Japan Spectroscopic Co., Tokio, Japón). El estándar catequina se utilizó como comparación. El % DPPH\*, se calculó según:

$$\% \text{ DPPH}^* = 1 - \frac{\text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia blanco de reactivo}} \times 100$$

Mientras que el DPPH\* residual se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ DPPH}^* \text{ residual} = 100 - \% \text{ DPPH}^*$$

#### **3.3.6.3. Tiempo de vida útil.**

Se realizó mediante una inspección visual en el momento de la toma de muestra de cada galletita, considerando que la aparición de flora microbiana, impone un alerta para la no consumición del producto desde el punto de vista sanitario y comercial, delimitando de esta manera el tiempo de vida útil.

#### **3.3.7.1 Análisis estadístico**

Todos los ensayos se realizaron por triplicado y se utilizó el test de Student para comparar los valores obtenidos. Todos los ensayos se consideraron estadísticamente no significativos con una P <0,05.

## **4. Resultados**

### **4.1. Determinación de humedades**

Las humedades obtenidas en cada tiempo para las galletitas con 10 y 20 % de harina de orujos en la atmosfera de Aw = 80 %, no mostraron diferencias significativas, con valores cercanos a 18.2 y 18.7 %. En tanto para las atmosferas con Aw = 60 y 40 % y sus valores resultaron 11.7-12.5 y 1.82- 1.26 %.

Con respecto a las galletitas sin incorporación de harinas de orujos para las atmosferas controladas con Aw = 80, 60 y 40 % las humedades resultaron de 5.6; 14.3 2.5 % respectivamente.

### **4.2. Determinaciones en el EOC**

#### **4.2.1. Determinaciones de CPT**



En la ecuación 1, se representan las variaciones del CPT de EOC con la concentración de los extractos obtenidos a partir del extracto semisólido, al que consideramos prácticamente como extracto puro y la correlación se corresponde con la siguiente expresión:

$$\text{CPT} = -0.00172 + 1.365 * C \text{ (C: concentración del extracto en mg/ml)} \quad (1)$$

Considerando que los valores extremos de CPT alcanzados en las galletitas en el conjunto de datos para los PHOI y las atmosferas de control empleadas; resultaron 0.3 y 2.57 mg de AGE/g de ms, para los cuales las correspondientes concentraciones de extractos de EOC obtenidos a partir de la ecuación (1) fueron equivalentes a 0.22 y 1.88 mg de extracto/mL. (Tomados como concentración de polifenoles totales presentes en las galletitas, equivalentes a los que se encuentran en el EOC) .

#### 4.2.2. Determinaciones de DPPH\* residual

El DPPH\* es un reactivo analítico, en rigor un radical libre capaz de reaccionar con los polifenoles y con los radicales libres presentes. Debiéndose destacar que químicamente los polifenoles admiten estructuras químicas de resonancia con números impares de electrones no apareados, convirtiéndolos en capaces de reaccionar con el reactivo DPPH\*.

En la figura 1 se representan las variaciones de DPPH\* res. de EOC con la concentración de los extractos obtenidos y de la muestra control de ácido ascórbico , sólo presentan diferencias significativas en el rango 0.06- 0.45 mg de ext/mL con valores de DPPH\* res de 28.7-0.5% para el control y de 71.7-1.3% para EOC. A partir 0.5 mg de ext/mL; ambas curvas se funden alcanzando valores de DPPH\* res. cercanos a 0.5 %.

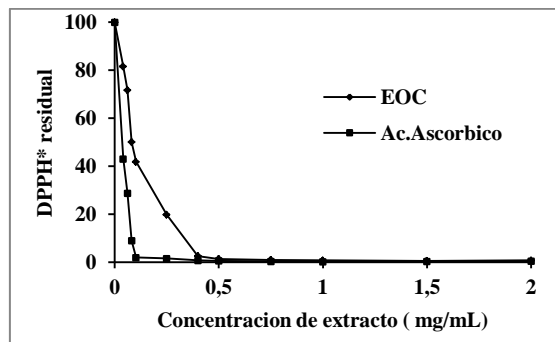


Fig.1 DPPH\* res vs Concentración (mg/mL)

#### 4.3. Determinaciones en las galletitas

##### 4.3.1. Determinaciones de CPT

En la figura 2, el CPT en el tiempo para las actividades de 40-60 y 80 % correspondiendo a 0 %, desde su valor inicial de 0.71mg de AGE/g de ms se redujeron a 0.63; 0.364 y 0.074 mg de AGE/g de ms respectivamente al cabo 60 días. Para las menores Aw no difieren significativamente hasta los 22 días para luego hacerse significativamente diferentes. Mientras que a la Aw 80 % el CPT resultaron inferiores y significativamente diferentes al de las otras atmosferas.

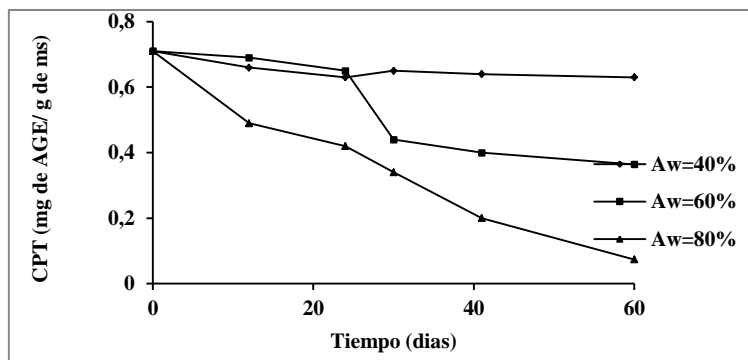


Fig 2. CPT vs Tiempo (días); 0% PHOI

En las figuras 3 y 4 con respecto al 10 y 20 % PHOI partiendo de 1.28 y 2.57 mg de AGE/g de ms; para la  $A_w=80\%$ , al cabo de 60 días se redujeron a 1 y 1.5 mg de AGE/g de ms. Mientras que para  $A_w$  del 40 y 60 %, se hacen no significativamente diferentes a partir de los 45 días y en todo el intervalo de tiempo, resultando con valores cercanos a 0.55 y 0.4 mg de AGE/g de ms respectivamente.

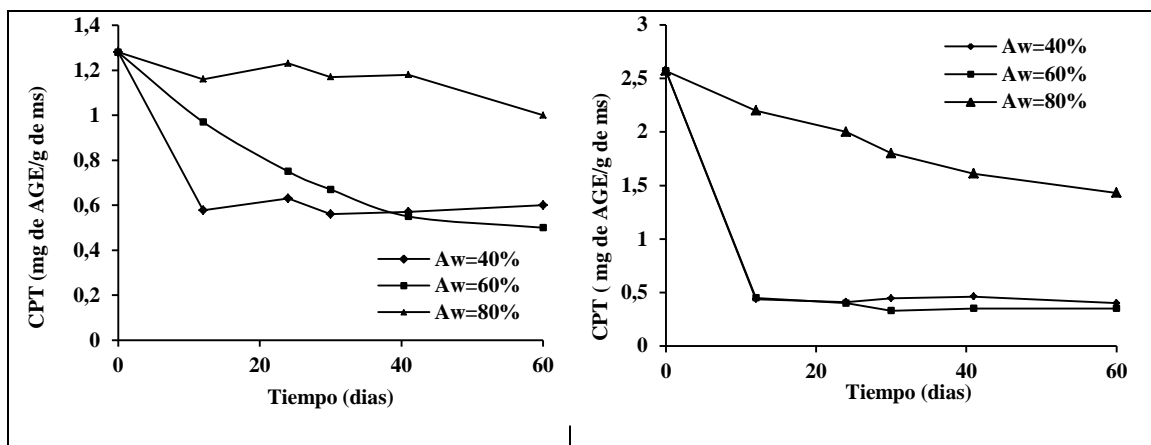


Fig 3. CPT vs Tiempo; 10% PHOI  
Tiempo; 20% PHOI

Fig 4. CPT vs

#### 4.3.2. Determinaciones de DPPH\* residual

El DPPH\* es un reactivo analítico, en rigor un radical libre capaz de reaccionar con los polifenoles, las antocianinas y con los radicales libres presentes.

Los valores del DPPH\* res. para las galletitas sin agregado de orujos, no experimentaron diferencias significativas para las diferentes atmosferas de control y oscilaron entre 93 y 94.6 % durante todo el periodo de procesamiento.

En las figuras 6 y 7, con respecto a los valores de DPPH\* para 10 y 20 % PHOI en las atmosferas de 40 y 60 % a partir de los 12 días se mantuvieron prácticamente constantes oscilando alrededor de 70 % y de 55 y 66% . Mientras que en la atmosfera del 80 % el DPPH\* res., resultó significativamente diferente y menor al de las otras atmosferas de control y PHOI; manteniéndose prácticamente constante a partir de los 15 y 45 días con valores que oscilaron alrededor de 35 y 37 % respectivamente.

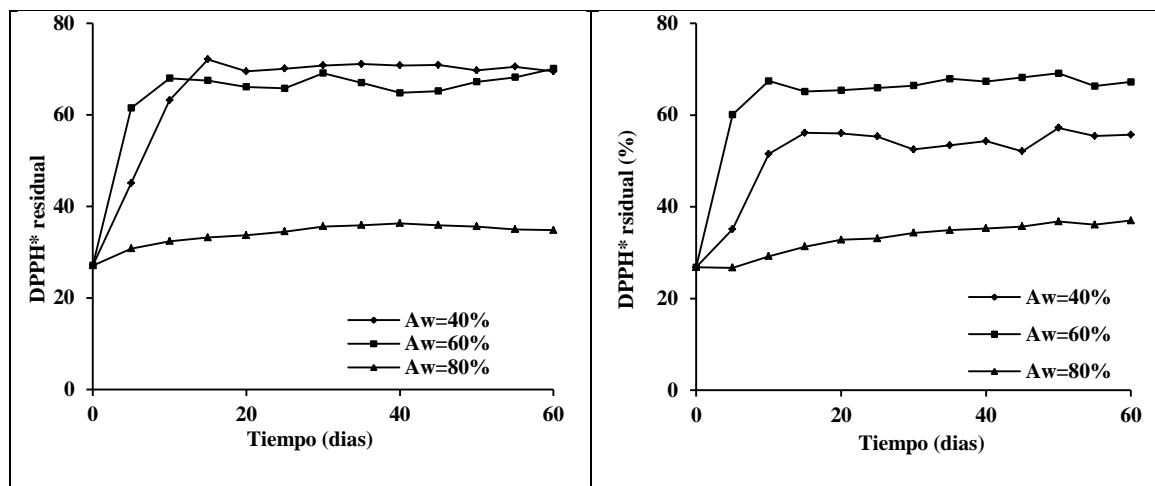


Fig. 5. DPPH\* residual vs Tiempo;10%PHOI Fig. 6. DPPH\* residual vTiempo;20%PHOI

## 5. Tiempo de vida útil

Los tiempos de vida útil mayores obtenidos correspondieron a las galletitas sometidas bajo las atmósferas de control de 40 y 60 %, alcanzando valores de 120 y 100 días respectivamente, en tanto que resultó de 30 días para la atmosfera del 80 %, correspondiendo a una condición extrema más crítica para favorecer el eldesarrollo microbiano. Según Fennema y Tannenbaum (1993), para valores de actividad acuosa de los productos inferiores y cercanos a 0.6 pueden desarrollarse: levaduras osmófilas (*Saccharomyces rouxii*) y algunos mohos (*Aspergillus echinulatus*, *Monascus bisporus*).

## 6. Conclusiones

Las humedades de equilibrio de las galletitas sometidas a las atmosferas controladas con 40-60 y 80%, con diferentes PHOI, prácticamente no se modificaron a partir de los 12 días. En las galletitas con 0% de harina de orujos, para todas las atmósferas controladas los valores de CPT fueron descendiendo en todo el intervalo de tiempo; el mayor grado de disminución se verifico en las galletitas sometidas a Aw= 80%. Inversamente para las galletitas con 10 y 20% PHOI, el menor decrecimiento correspondió a la atmosfera del 80%.Practicamente, no existen diferencias significativas entre los CPT de las galletitas con 10 y 20%PHOI, para todas las actividades empleadas

Con respecto al DPPH\* residual se ha verificado que para las tres atmosfera de control utilizadas, los valores alcanzados para las galletitas conteniendo 0 % de PHOI, se han mantenido entre 92.7-94.6 %.

Mientras para 10 y 20% PHOI en la Aw=80%, se obtuvieron los menores valores de DPPH\* residual, los que al cabo de 60 días resultaron 34.8 y 37 % respectivamente, lo que coincide con su mayor CPT. Mientras que para Aw=40 y 60 %, para 10 % PHOI no presentan diferencias significativas oscilando cerca del 68 %, salvo en la Aw=40 % donde para 20 %PHOI, su valor es un 24 % inferior. Los mayores valores de DPPH\* res en estas atmosferas, puede atribuirse a que existen en el equilibrio con menores porcentajes de humedad, coincidentes con la zona de mínima velocidad de oxidación, debido a la monocapa protectora de agua no favoreciéndose los procesos oxidativos (Badui DS, 2006). (Fennema O, 2010).

Con respecto a la aparición de hongos debemos destacar que para la Aw= 80 %, a pesar de haber sido una condición atmosférica muy crítica (peores condiciones), la aparición

de hongos fue detectada a los 30 días y en las atmosferas de 60% y 40 %, se manifestaron a los 100 y 120 días, respectivamente.

En definitiva, podemos concluir que las galletitas conservadas en atmosferas del 40 y 60% son recomendables contenerlas en las mismas hasta los 120 y 100 días. Mientras que aquellas conservadas al 80 %, no soportan la conservación que supere a los 30 días. De acuerdo a los resultados obtenidos, la harina de orujos tintos y el EOC pueden emplearse como aditivos para reforzar la calidad nutricional de los alimentos.

Agradecemos la colaboración prestada al Director de la Cátedra de Enología II de la UNC , Ing. Juan Calos Formento quien nos proveyó de los orujos tintos y al Ingeniero Maximiliano Armani quien participó en el procesamiento de los mismos.

## **7. Bibliografia**

Badui DS. (2006). Química de los alimentos 4ta edición. Adison Wesley Longman de México S.A. 7: 426-427.

Cortell JM, Halbleib M, Gallagher AV, Righetti TL, Kennedy JA. (2007). Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. Cv. Pinot Noir) anthocyanins. Anthocyanins and pigmented polymers in wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:6585-95.

Guendez R, Kallithraka S, Makris D, Kefalas P. (2005). Determination of low molecular weight polyphenolic constituents in grape (*Vitis vinifera* sp.) seed extracts: Correlation with antiradical activity. *Food Chemistry* 89:1-9.

Fennema O. (2010). Química de los Alimentos. 3ª Ed. Editorial Acribia. ISBN 9788420011424.

Fennema O. y Tannenbaum S.R.(1993). Capítulo Agua y Hielo, en Química de los Alimentos de Fennema O., Editorial Acribia. Segunda Edición, pág 65-71.

Herber D. (2007). *Physicains Desk Reference for Herbal Medicines*. 3a. ed. Thomson PDR, NJ, USA, pp. 400-404.

Kammerer D, Claus A, Carle R, Schieber A. (2004). Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:4360-4367

Kelm M, Hammerstone J, Schmitz H. (2005). Identification and quantitation of flavonols and proanthocyanidins in foods: How good are the datas. *Clinical and Developmental Immunology* 12:35-41.

Llópiz N, Puiggrós F, Céspedes E, Arola L, Ardévol A, Blandé C, Salvadó J. (2004). Antigenotoxic effect of grape seed procyanidin extract in Fao cells submitted to oxidative stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:1083-1087.

Revilla E and Ryan JM. (2000). Analysis of several phenolic compounds with potential antioxidant properties in grape extracts and wines by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection without sample preparation. *Journal of Chromatography* 881:461-469.

Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, and Nakamura T. (1992). Antioxidant properties of xhantan on the antioxidant of soybean oil in cyclodextrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 945-948.

Ugartondo V, Mitjans M, Touriño S, Torres JL, Vinardell MP. (2007). Comparative antioxidant and cytotoxic effect of procyanidin fractions from grape and pine. *Chemical Research of Toxicology* 20:1543-1548.

Vendruscolo F, da Silva Ribeiro C, Esposito E, Ninow JL. (2009). Protein enrichment of apple pomace and use in feed for Nile tilapia. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 152: 74-87.

## 17TCA - PURIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BACTERIOCINA PRODUCIDA POR *Lactobacillus curvatus* ACU-1

ÁLVAREZ, O.<sup>1</sup>; MINAHK, C.<sup>2</sup>; SAAVEDRA, L.<sup>3</sup>; CAYRÉ, M.<sup>1</sup>; CASTRO, M.<sup>1</sup>

1. Laboratorio de Microbiología de los Alimentos, Universidad Nacional del Chaco Austral

2. Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (CONICET)

3. Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET)

[mcastro@uncaus.edu.ar](mailto:mcastro@uncaus.edu.ar)

### Resumen

El objetivo del siguiente trabajo fue purificar y caracterizar la(s) bacteriocina(s) producida(s) por *Lactobacillus curvatus* ACU-1 aislada de embutidos secos artesanales fabricados en Chaco (Argentina). Como primera medida se realizaron reacciones en cadena de la polimerasa utilizando cebadores específicos de diferentes bacteriocinas ya conocidas. Se demostró mediante esta estrategia que *Lb. curvatus* ACU-1 tiene codificados los genes estructurales de al menos tres tipos de bacteriocinas diferentes: sakacina G, sakacina Q y sakacina P. Para confirmar este resultado y conocer el nivel de expresión relativo de estas bacteriocinas se procedió a purificar las actividades anti-*Listeria* mediante precipitación con sulfato de amonio seguido de una cromatografía de intercambio catiónico. Finalmente se analizó la pureza de la muestra mediante cromatografía de fase reversa asociada a HPLC. Se observó un solo pico en el cromatograma el cual fue concentrado y su peso molecular analizado mediante espectrometría de masas MALDITOF. Se concluyó que, en las condiciones ensayadas, la única bacteriocina producida por *Lb. curvatus* ACU-1 es sakacina G (43 aminoácidos), de un peso molecular de 3,832 kDa. Esta caracterización permite ubicar la bacteriocina producida por *Lb. curvatus* ACU-1 dentro de la clase IIa de bacteriocinas.

### 1. Introducción

Los péptidos antimicrobianos tienen en general entre 10 y 50 aminoácidos. Pueden ser generados por síntesis ribosomal o no ribosomal. Las bacteriocinas son definidas como proteínas biológicamente activas contra miembros de la misma especie o especies muy relacionadas a la cepa productora.

Las bacteriocinas producidas por Bacterias Lácticas (BL) son péptidos antimicrobianos de síntesis ribosomal, con o sin modificaciones postraduccionales, de pequeño tamaño (<6 KDa), catiónicos y anfifílicos. Estas moléculas varían en su espectro de inhibición, masa molecular, termo-estabilidad, rango de pH óptimo de actividad y determinantes genéticos (O'Sullivan et al., 2002; Diep y Nes, 2002; Cotter et al., 2005).

La BL *Lactobacillus curvatus* forma parte de la flora dominante de la carne y muchos productos cárnicos debido a que su metabolismo está especialmente adaptado a este ambiente, particularmente en productos envasados al vacío (Chaillou et al., 2005). Su rol en la preservación de la carne se atribuye a la producción de ácido láctico y/o bacteriocinas activas frente a microorganismos patógenos y alterantes. Las bacteriocinas producidas por estos microorganismos se caracterizan por su actividad frente a *Listeria* spp. (Todorov et al., 2010; Trinetta et al., 2010).

Los sobrenadantes de la cepa *Lb. curvatus* ACU-1, aislada de embutidos secos artesanales fabricados en Chaco (Argentina), presentan una importante actividad antibiótica contra varias cepas de *Listeria monocytogenes*, *Listeria innocua* y *Staphylococcus aureus* (Castro et al., 2011, Rivas et al., 2014). Estos autores reportaron que el crecimiento bacteriano y la cinética de producción de una potencial bacteriocina mostró una producción asociada al crecimiento, similar a la mayoría de las cepas de BL bacteriocinogénicas. Esta sustancia inhibitoria mostró ser estable al calor, efectiva después del almacenamiento refrigerado y de ciclos de congelación/descongelación y activa aún contra patógenos cuando se produce en condiciones de refrigeración a una concentración de 3% de NaCl. Es por ello que resulta de gran interés purificar y caracterizar la actividad antimicrobiana producida por *Lb. curvatus* ACU-1, para su posterior utilización en la preservación de alimentos.

## **2. Objetivo**

Purificar y caracterizar la(s) bacteriocina(s) producida(s) por *Lb. curvatus* ACU-1 aislada de embutidos secos artesanales fabricados en Chaco (Argentina).

## **3. Materiales y Métodos**

### *Cultivos microbianos*

Se trabajó con *Lb. curvatus* ACU-1, cepa aislada de un producto fermentado elaborado de forma artesanal en la provincia del Chaco. La cepa fue mantenida en MRS caldo + glicerol (20 % v/v) a -18 °C hasta su utilización.

La actividad antimicrobiana se determinó frente a *L. innocua* 7, obtenida de Unité de Recherches Laitières et Génétique Appliquée, INRA (Francia), la cual fue mantenida en BHI caldo + glicerol (20 % v/v) a -18 °C hasta su utilización.

En todos los casos, los medios de cultivo utilizados fueron de Biokar Diagnostics (Francia).

### *Caracterización genética de las posibles bacteriocinas producidas por *Lb. curvatus* ACU-1*

Con el objeto de detectar la presencia de genes que codifiquen para bacteriocinas, se realizaron reacciones de amplificación en cadena de la polimerasa (PCR) con cebadores específicos para diferentes bacteriocinas, los cuales se enumeran en la Tabla 1.

La amplificación por PCR se realizó siguiendo el siguiente esquema: luego de 5 min de desnaturalización a 94° C se realizaron 30 ciclos constituidos por 1 min de desnaturalización a 94° C seguido por 1 min de “annealing” a 50° C y 40 segundos de amplificación a 72° C. El programa de PCR fue terminado luego de 10 min de amplificación final a 72° C.

**TABLA 1.** Lista de cebadores utilizados en este estudio.

Cebadores	Secuencias (5'-3')
<b>curA_F</b>	GTAAAAGAATTAAGTATGACA
<b>curA_R</b>	TTACATTCCAGCTAAACCACT
<b>sakP_F</b>	ATGGAAAAGTTTATTGAATTA
<b>sakP_R</b>	TTATTTATTCCAGCCAGCGTT
<b>sakQ_F</b>	ATGCAAAATACAAAAGAACTAA
<b>sakQ_R</b>	CGCTTGTTTAGAGACACCCGTT
<b>Sakacin G F:</b>	GTAAAAATTATTTAACAGGAGG
<b>Sakacin G R:</b>	GTAAAAATTATTTAACAGGAGG
<b>Sakacin P R:</b>	GGCCCAGTTTGCAGCTGCAT
<b>Sakacin Q R:</b>	TACCACCAGCAGCCATTCCC

Los productos de PCR fueron separados y analizados mediante electroforesis en geles de agarosa. Se empleó una concentración de agarosa de 1,5 % (p/v) en buffer TAE (40 mM Trisacetato, 1 mM EDTA). La electroforesis se llevó a cabo manteniendo el voltaje constante en 80 V. Como marcadores de tamaño molecular se usaron marcadores comerciales 100 pb (Genbiotech, Argentina). Para la tinción del ADN, los geles fueron sumergidos durante 20 min en una solución de GelRed<sup>TM</sup> (Biotium-Genbiotech).

#### *Precipitación con sulfato de amonio*

Para la pre-purificación de la(s) bacteriocina(s) producida(s) por *Lb. curvatus* ACU-1, un litro de cultivo, inoculado al 1% (v/v) y almacenado por 36 h a 30° C, fue centrifugado a 4.000 x g durante 30 min. El sobrenadante fue esterilizado por filtración usando un filtro de tamaño de poro de 0,22 µm (Sartorius, Alemania). Posteriormente, se añadió sulfato de amonio al sobrenadante (40% de saturación) y se agitó durante 30 min en un baño de agua a 20° C. Las muestras se centrifugaron a 4.000 x g durante 30 min a 4° C. El precipitado se disolvió en 500 ml de buffer acetato de sodio 20 mM, pH 5,0.

#### *Cromatografía por intercambio iónico*

El primer paso de purificación se realizó mediante una cromatografía de intercambio catiónico utilizando SP-Sepharose Fast Flow (GE Healthcare Life Sciences, Estados Unidos) eluyéndose con concentraciones crecientes de NaCl: 25 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM, 300 mM y finalmente con un lavado con 500 mM para limpiar la columna. Se recogieron todas las fracciones eluidas, se verificó la actividad anti-*Listeria* y se determinó la absorbancia a 280 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Agilent Technologies, Estados Unidos). La concentración proteica se estimó mediante el método de Bradford (Sadasivam y Manickam, 1996). Finalmente, la fracción activa se re-precipitó con sulfato de amonio y fue disuelta en una solución de acetonitrilo 20% conteniendo ácido trifluoroacético 0,1% (TFA).

### *Cromatografía Líquida de Alta Performance en Fase Reversa (RP-HPLC)*

Esta cromatografía se realizó con columna  $\mu$ Bonda Pack C18 (10  $\mu$ m 300 x 4.6 mm Waters, Estados Unidos). La fracción activa se inyectó en la columna de fase reversa, la cual estaba equilibrada con acetonitrilo 20%-0,1% TFA. La elución se realizó con un gradiente no lineal utilizando como segundo solvente acetonitrilo al 100% conteniendo 0,1% de TFA a un flujo de 1 ml.min<sup>-1</sup>. La elución se monitoreó por absorbancia a 280 nm. Posteriormente se analizó la actividad anti-*Listeria* en todas las fracciones, mediante el ensayo de actividad por difusión en placa. Las muestras activas fueron liofilizadas para luego determinar su masa molecular por espectrometría de masas.

En cada una de las instancias de purificación, se verificó la actividad de la bacteriocina frente a *Listeria* 7. Este hecho permitió confirmar la presencia del péptido antimicrobiano en las distintas fracciones recolectadas.

### *Ensayo de actividad bacteriocina*

Las pruebas de actividad antimicrobiana de la bacteriocina *Lb. curvatus* ACU-1 se llevaron a cabo en placas de TSB (Trypticase Soy Broth, caldo tripticasa soja), sobre las cuales se sembraron 20  $\mu$ l de las muestras de sobrenadantes del cultivo. Transcurrido el tiempo necesario para que las muestras se absorbieran por completo a temperatura ambiente en flujo laminar, se realizó un tapiz con 5 ml de agar blando (0,6%) conteniendo alrededor de 10<sup>7</sup> ufc.ml<sup>-1</sup> de *L. innocua* 7 en fase estacionaria, cepa sensible a este tipo de bacteriocina. Después de la incubación a 30° C por 12 h se analizaron los halos de inhibición del crecimiento.

### *Determinación de masa molecular*

La masa molecular de la bacteriocina fue confirmada utilizando la técnica de ionización MALDI (desorción/ionización mediante láser asistida por Matriz), acoplada a un analizador TOF (tiempo de vuelo). La masa del péptido fue determinada en el Laboratorio Nacional de Investigación y Servicios en Péptidos y Proteínas (LANAIS-PROEM, Buenos Aires).

## **4. Resultados y discusión**

Los avances en el campo de la biotecnología han requerido del uso de técnicas y metodologías más eficaces para la separación y purificación de péptidos antimicrobianos, como las bacteriocinas. El empleo de diferentes técnicas cromatográficas ha permitido la separación de estos péptidos. En la actualidad se han aislado y caracterizado una amplia variedad de bacteriocinas siendo todas ellas clasificadas según sus diferentes propiedades. En este estudio se caracterizó la actividad anti-*Listeria* producida por *Lb. curvatus* ACU-1 mediante herramientas de biología molecular y de cromatografía, lo que permitió la correcta identificación de las bacteriocinas involucradas.

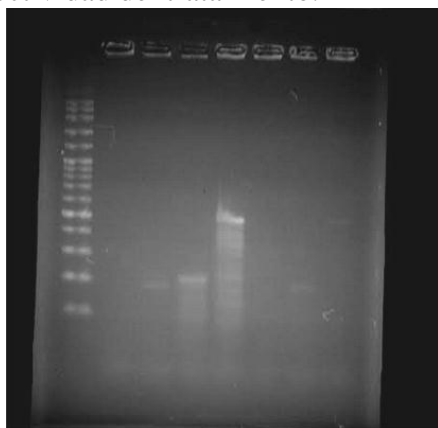
### *Caracterización de la(s) bacteriocina(s)*

Teniendo en cuenta los resultados del ensayo de PCR (Fig. 1), se pudo observar que *Lb. curvatus* ACU-1 tiene el potencial de producir tres tipos de bacteriocinas, a saber: sakacina Q (calle 4 del gel), sakacina G (calle 4 y calle 8) y sakacina P (calle 3 y calle 7). Se ha demostrado la capacidad de ciertas cepas de *Lactobacillus* de producir más de

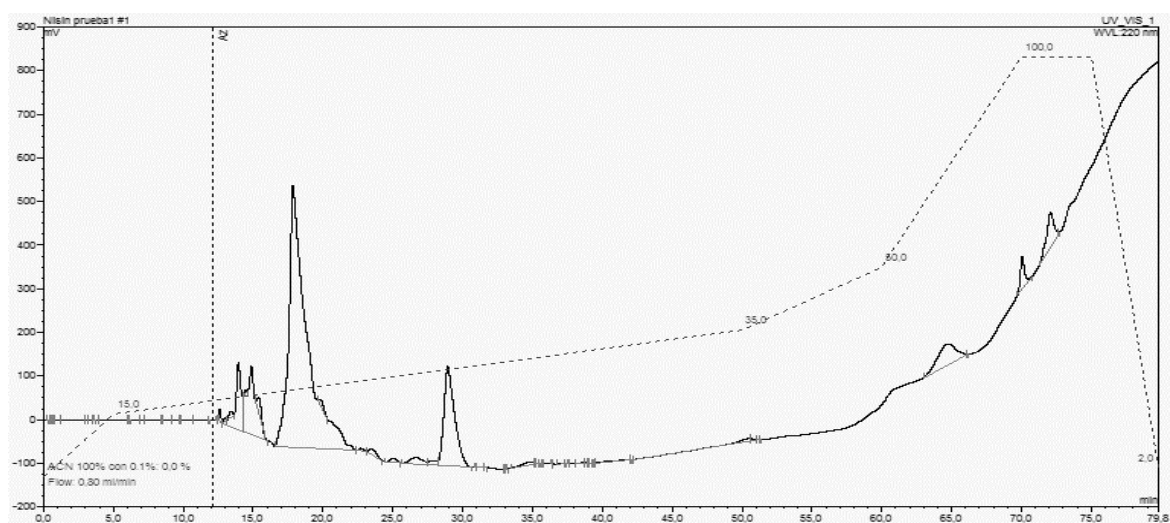


un péptido antimicrobiano, como ha sido reportado en otras BL (Cintas et al., 2000; Wilaipun et al., 2004). Específicamente se ha comprobado que cepas de *Lb. curvatus* aisladas de productos cárnicos producen más de una bacteriocina como lo han reportado Fontana et al. (2015), donde a partir de 12 cepas de *Lb. curvatus* se ha confirmado que todas codifican para la producción de dos bacteriocinas y una sola es capaz de producir 3 biopéptidos.

Mediante el proceso de precipitación con sulfato de amonio del sobrenadante libre de células de *Lb. curvatus* ACU-1, cuya actividad era de 800 UA.ml<sup>-1</sup>, se obtuvo un concentrado con una actividad de 12800 UA.ml<sup>-1</sup>, con un título dieciséis veces mayor, demostrando la alta efectividad del tratamiento.

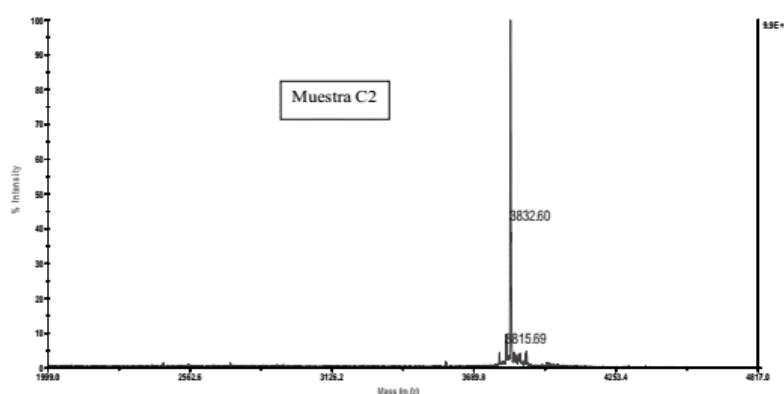


**FIG. 1.** Reacciones de amplificación en cadena de la polimerasa (PCR) con cebadores específicos.



**FIG. 2.** Cromatograma correspondiente a las fracciones con la bacteriocina en estudio. El pico de elución a los 29 min corresponde a la bacteriocina en estudio y posee actividad anti *Listeria*.

Los resultados obtenidos a partir de la espectrometría de masas permitieron determinar que el pico observado en la purificación por HPLC (Fig. 2), pertenece a la bacteriocina Sakacina G (43 aminoácidos). Esta bacteriocina corresponde a la clasificación IIa, el cual es un subgrupo caracterizado por contar con una secuencia amino terminal característica: - Tirosina - Glicina - Asparagina - Glicina - Valina - Xaa - Cisteína (-Tyr-Gly-Asn-Gly-Val-Xaa-Cys-; donde Xaa indica cualquier residuo de aminoácido) y contiene uno o dos puentes disulfuro (Chen y Hoover, 2003); además, es reconocida principalmente por su alta actividad antimicrobiana frente a *Listeria* (Zouhir et al., 2010). El análisis mostró un pico distinto a 3832,60 m/z. A partir de estos resultados podríamos decir que *Lb. curvatus* ACU-1 podría ser capaz de producir tres tipos de bacteriocinas, pero solamente expresarse un solo biopéptido en las condiciones ensayadas.



**FIG.3.** Espectro de masas de bacteriocina purificada. La fracción del pico activo de HPLC fue sometido a masa espectrometría. El análisis MALDI-TOF mostró un pico distinto a 3832 m/z, lo que indica que la masa molecular de la proteína bacteriocina fue de 3,832 kDa.

De acuerdo a lo observado, se pueden prever altos rendimientos mediante procesos de purificación simplificados en dos pasos cromatográficos: cromatografía de intercambio iónico y cromatografía líquida de alta performance en fase reversa (RP-HPLC), lo que facilitaría la obtención de cantidades suficientes de este péptido para estudios bioquímicos y biofísicos, como así también para su posible utilización en la preservación de alimentos, ya sea solo, o como parte de una combinación en un diseño de barreras múltiples (Leistner, 2000).

La fuerte actividad anti-*Listeria* de la sakacina G potenciaría el uso de este péptido como un agente antimicrobiano, para prevenir el crecimiento de bacterias patógenas y para mejorar la calidad, la seguridad y la vida útil de los alimentos.

Cabe destacar además que, a partir de los resultados obtenidos en este estudio, se tiene previsto purificar ARN mensajero de *Lb. curvatus* ACU-1 para la posterior cuantificación mediante una PCR en tiempo real de la expresión a nivel de ARN de las tres bacteriocinas que potencialmente podría producir. De esta manera se proyecta confirmar si la cepa en estudio es capaz de expresar efectivamente los tres tipos de bacteriocinas (sakacina G, sakacina Q y sakacina P). Por otro lado, se planifica utilizar protocolos alternativos de purificación para poder caracterizar a estos biopéptidos, por ejemplo mediante el protocolo reportado por Galfhi et al. (2010).

## 5. Bibliografía

Castro, M.P.; Palavecino, N.Z.; Herman, C.; Garro, O.A.; Campos, C.A. (2011). Lactic acid bacteria isolated from artisanal dry sausages: characterization of antibacterial

compounds and study of the factors affecting bacteriocin production. *Meat Science*, 81: 321-329.

Chaillou, S.; Champomier-Vergès, M.; Cornet, M.; Crutz-Le Coq, A.; Dudez, A.; Martín, V.; Beaufils, S.; Darbon-Rongère, E.; Bossy, R.; Loux, V.; Zagorec, M. (2005). The complete genome sequence of meta-borne lactic acid bacterium *Lact. sakei* 23 K. *Nat. Biotechnol.*, 23: 817-827.

Chen, H.; Hoover, D.G. (2003). Bacteriocins and their food applications. *Comp Rev Food Sci Food Saf*, 2: 81-100.

Cintas, L. M.; Casaus, P.; Herranz, C.; Havarstein, L.S.; Holo, H.; Hernandez, P. E., et al. (2000). Biochemical and genetic evidence that *Enterococcus faecium* L50 produces enterocins L50A and L50B, the sec-dependent enterocin P, and a novel bacteriocin secreted without an N-terminal extension termed enterocin Q. *J Bacteriol*, 182: 6806–6814.

Cotter, P.D.; Hill, C.; Ross, R.P. (2005). Bacteriocins: developing innate immunity for food. *Nat Rev Microbiol*. 3: 777–88.

Diep, I.B.; Nes, I.F. (2002). Ribosomally synthesized antibacterial peptides in Gram positive bacteria. *Curr Drug Targets*. 3: 107-22.

Fontana, C.; Cocconelli, P.; Vignolo, G.; Saavedra, L. (2015). Occurrence of antilisterial structural bacteriocins genes in meat borne lactic acid bacteria. *Food Control*. 47: 53-59.

Ghaffi, H.; Benkerroum, N.; Ongena, M.; Bensaid, M.; Thonart, P. (2010). Production of three anti-listerial peptides by *Lactobacillus curvatus* in MRS broth. *Food Res Int*. 43: 33-39.

Leistner, L.(2000). Basic Aspects of Food Preservation by Hurdle Technology. *Int J Food Microbiol*. 99: 235–240.

O’Sullivan L, Ross RP, Hill C. (2002). Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie*. 84:593-604.

Rivas, F., Castro, M., Ibarguren, C., Audisio, M., Campos, C. (2014). Actividad listericida de la bacteriocina sakacina Q producida por *Lactobacillus curvatus* ACU-1. Reunión de difusión de la labor docente, científica, tecnológica y de extensión. Universidad Nacional del Chaco Austral. 11 y 12 de Agosto de 2014.

Sadasivam, S. and A. Manickam: Biochemical methods. 2nd Edn. (1996) New Age International Publishers. pp. 107-109.

Todorov, S., rachmen, C., Fourrier, A., Dicks, L.M.T., van Reenen, C.A., prévost, H. (2010) Characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus sakei* R133 isolated from smoked salmon. *Anaerobe* 17: 23-31.

Trinetta, V., Floros, J.D., Cutter, C.N. (2010) Sakacin A containing pullulan film: an active packaging system to control epidemic clones of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. *J Food Saf*. 30: 366-381.

Wilaipun, P. T. Z., Sangjindavong, M., Nitisinprasert, S., Leelawatcharamas, V., Nakayama, J., & Sonomotoba, K. (2004). The two-synergistic peptide bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* NKR-5-3 isolated from Thai fermented fish (Pla-ra). *Science Asia*, 30: 115–122.

Zouhir, A., Hammami, R., Fliss, I., y Hamida, JB., (2010). A new structure-base classification of gram-positive bacteriocins. *Protein J*. 29:432-439.

## **18TCA - DESARROLLO DE QUESOS FRESCOS FUNCIONALES Y SALUDABLES A PARTIR DE LECHE BOVINA**

**LAZZARONI, S.<sup>1,2</sup>; PAVÓN, Y.<sup>1,2</sup>; GALANTE, M.<sup>3</sup>; BOERIS, V.<sup>3</sup>; RISSO, P.<sup>3,4</sup>; MEINARDI, C.<sup>5</sup>; ROZYCKI, S.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Tec. de Alimentos (ITA), Fac. de Ing. Qca (FIQ), Univ. Nacional del Litoral. Santiago Estero 2829–(3000) Santa Fe, Argentina; [sdrozycki@hotmail.com](mailto:sdrozycki@hotmail.com)**

**2. CONICET, Argentina.**

**3. Universidad Nacional de Rosario – UNR - CONICET, Argentina.**

**4. Instituto de Física de Rosario – UNR - CONICET, Argentina.**

**5. INLAIN- Instituto Nacional de Lactología Industrial- CONICET- FIQ- UNL.**

### **1. Introducción**

Existe un significativo incremento en la demanda de alimentos funcionales, con un enorme volumen de venta relacionado a los quesos, principalmente Frescos/Cuartirollo/Blando. Además, el  $Zn^{2+}$  es un elemento traza que interviene como co-factor de más de 200 reacciones enzimáticas, siendo su deficiencia una problemática nutricional mundial, tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Por lo tanto, la fortificación con minerales esenciales como el  $Zn^{2+}$  debe ser optimizada.

Los productos lácteos son buenas matrices alimenticias para incorporar Zn (y/u otros minerales esenciales), por su elevado valor nutricional y su efecto regulador de los procesos de digestión y absorción. Algunos (yogures y quesos) poseen bajo pH aumentando la solubilización y biodisponibilidad de dichos minerales.

Otro importante problema actual es la hipercolesterolemia que se produce, en parte, por la incorporación de colesterol (Col) con la dieta, ya que el producido en el hígado alcanza para la mayoría de los requerimientos diarios del organismo. Este exceso promueve enfermedades cardíacas y/o cerebrovasculares. Actualmente, los productos con contenido de Col reducido, o sin él, son aquellos a los cuales se les reduce o elimina la materia grasa (%MG), desmejorando el sabor y textura y disminuyendo notoriamente su aceptabilidad, además de eliminar componentes nutricionales muy importantes como: CLA, vitaminas A y D y esfingolípidos, entre otros. Por todo esto es conveniente eliminar el colesterol dejando toda o gran parte de la grasa láctea.

La  $\beta$ -CD ha mostrado ser un muy buen agente encapsulante del colesterol (Singh, Sharma et al. 2002), considerándose no tóxica (GRAS) y químicamente estable.

El objetivo del proyecto fue desarrollar y evaluar tres Quesos Frescos Funcionales (QFF), con contenido de colesterol reducido y fortificado con sales de  $Zn^{2+}$ , para consumo masivo, con miras a evitar el riesgo nutricional y/o cardiovascular, conservando el flavor, la textura y el rendimiento del alimento tradicional.

### **2. Materiales y Métodos**

#### **Elaboración de la crema con contenido de colesterol reducido**

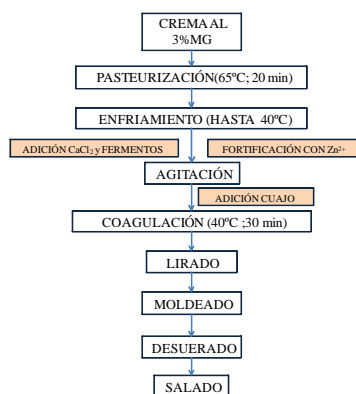
Se homogeneizó crema (10% MG; homogeneizador Simes S.A.). El Col se extrajo con  $\beta$ -CD (Ferromet S.R.L.), separando el complejo Col  $\beta$ -CD, todo en condiciones tecnológicas optimizadas, quedando el sobrenadante con contenido de Col reducido.

#### **Determinación del tiempo coagulación, reafirmación gel y firmeza máxima coágulo**

Se usó dispositivo MPL (UNL-CONICET), sensor platino, que cuantifica señales eléctricas que dependen directam. de cambios desde estado fluido a estado semi-sólido (gel) durante el proceso coagulación, por variación de transferencia calor / temperatura.

### Elaboración del queso fresco con contenido de Col reducido y fortificado con $Zn^{2+}$

Las cremas con Col reducido se llevaron al 3% MG (c/leche descremada), y se utilizó la metodología tradicional de elaboración de Queso Fresco/Cuartirollo/Blando (Figura 1), con agregado de sales de zinc, fermento liofilizado STD (Diagrama S.A), cuajo bacteriano (Chr. Hansen,) y sales: sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) y cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ). Se elaboró un Queso Testigo (QT) sin extracción de Col ni agregado de sales de Zn, un Queso Control (QC) elaborado con leche con Col reducido y sin agregado de Zn, y dos Quesos Funcionales (QFF) con agregado de sales ( $QZnSO_4 = QS$  y  $QZnCl_2 = QCI$ )



**FIGURA 1:** Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso fresco/blando/cuartirollo.

### Cuantificación del porcentaje de Col extraído

Se utilizó una técnica enzimático-colorimétrica previa saponificación del colesterol, extracción con n-hexano y uso de kit enzimático (laboratorios Wiener S.A.), determinándose absorbancia a 510 nm, comparándose con un patrón standard de colesterol, aplicando la Ley de Lambert-Beer (Pavón et al. 2014).

### Determinación del contenido de zinc

La concentración de  $Zn^{2+}$  fue cuantificada mediante espectroscopía de absorción atómica (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI, Rosario).

### Determinación del porcentaje de humedad en los quesos

Se utilizó el método oficial, en estufa  $104 \pm 1^\circ C$ , y diferencia de pesada.

### Determinaciones de color

Se tomaron imágenes de los quesos (Coolpix P520) procesadas con programa Photoshop, obteniéndose los parámetros:  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (verde al rojo) y  $b^*$  (azul al amarillo) que son los componentes cromáticos (Yam and Papadakis 2004).

### Ensayo de capacidad de fusión (derretibilidad) de los quesos

La derretibilidad (capacidad del queso de fluir y fusionarse) se determinó en muestras cilíndricas de 37 mm de diámetro y 12 mm de altura, calentando a  $130^\circ C$  por 15 min. Se enfriaron a  $4^\circ C$  y se determinó las áreas, antes y después del tratamiento térmico, utilizándose quesos con 20 días de maduración (Muthukumarappan, Wang et al., 2010).

### **Determinación de firmeza**

Se utilizó un test de penetración (Multitest 2.5-d, dinamómetro digital, celda de carga de 100N) con muestras cilíndricas de 40 mm de diámetro, penetradas 10 mm (sensor cilíndrico de 20 mm), a 25 °C, a razón 10 mm/min. (Sanchez, Beauregard et al. 1995).

### **Estudios de microestructura con Microscopia Confocal**

Muestras 5 mm x 5 mm x 2 mm fueron teñidas con rodamina B (Sigma R6626) (Auty, Twomey et al. 2001). Se utilizó microscopio confocal (Nikon TE-2000-E), imágenes con resolución en píxel de 1024x1024, evaluadas por el programa EZ-C1 (Nikon).

### **Determinación de parámetros de textura**

La textura computacional otorga información de la geometría estructural, calculando los parámetros de textura: suavidad (K) y uniformidad (U) (Ingrassia, Costa et al. 2013).

### **Determinación del tamaño de poro de los quesos**

Se utilizó microscopía confocal y programa image J (versión 1.485), obteniéndose el parámetro “espesor”, o ancho de las cavidades o distancia entre estructuras (distribución de diámetros de poros) (Doube, Klosowski et al. 2010).

### **Análisis sensorial**

Muestras de 30 g a 10°C fueron evaluadas (25 días maduración) por 9 panelistas entrenados (Inst. Tec. Alimentos- FIQ- UNL). Los descriptores se evaluaron en escalas continuas de 10 cm, no estructuradas, ancladas en extremos (Drake, 2007), eligiendo denominaciones como por ej: casi nada-mucha; leve-intensa; áspera-cremosa, etc.

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante Test ANOVA y Test de LSD (mínima diferencia significativa) para un 95% de confianza ( $p < 0,05$ ).

## **3. Resultados y Discusión**

### **Cuantificación de la extracción de Col de la crema para elaboración de los quesos**

Se cuantificó el % Extracción de Colesterol (% EC) de las cremas bases iniciales (10 %MG) lográndose una extracción del  $93 \pm 1$  % de Col.

### **Determinac. tiempo coagulación (tc), reafirmación gel (tr) y firmeza máxima (Fm)**

En la tabla 1 se observan los valores que generalmente difieren en menos del 10 %, salvo para el tc del QS que es un 20 % mayor que QT.

**Tabla 1:** tiempos de coagulación (tc), reafirmación gel (tr) y firmeza para los quesos

	tc (minutos)	tr (minutos)	Fm
<b>Queso Testigo (QT)</b>	12,54	29,38	0,129
<b>Queso Control (QC)</b>	11,04	29,40	0,128
<b>QFF (ZnSO<sub>4</sub>)</b>	15,00	28,49	0,115
<b>QFF (ZnCl)</b>	12,64	28,78	0,127

La Figura 2 muestra igual comportamiento entre QT y QCl, y leves adelantamiento de la coagulación para QC y retardo para QS, dentro de un intervalo aceptable de tiempo, con muy similares firmezas en todos los casos.



**FIGURA 2:** Seguimiento de la coagulación de QT, QC, QS y QCI.

### Determinación de la concentración de $Zn^{2+}$ en los quesos.

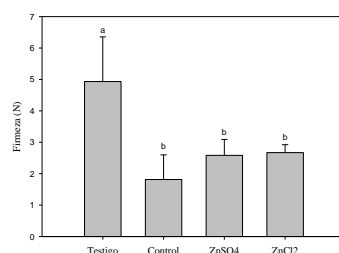
El  $Zn^{2+}$  agregado quedó retenido en más del 85% en el producto final, poniendo en evidencia que existe una fuerte interacción entre las moléculas de  $Zn^{2+}$  y las micelas de caseína (Pomastowski, Sprynskyy et al. 2014).

**TABLA 2:** Concentraciones de  $Zn^{2+}$  en los quesos.

Muestra	[ $Zn^{2+}$ ] (mg/Kg)	% Fortificación con $Zn^{2+}$
Queso Testigo	$33 \pm 2$	-----
Queso Control	$26 \pm 2$	-----
Queso con $ZnCl_2$	$129 \pm 8$	$87 \pm 7$
Queso con $ZnSO_4$	$131 \pm 8$	$94 \pm 7$

### Estudio de Penetrometría

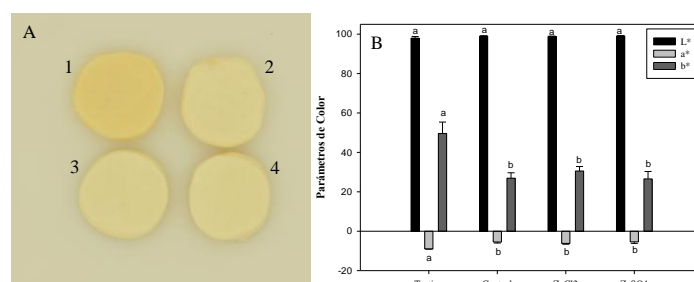
Se observa, para la firmeza de los quesos a los 10 mm (Figura 3) una marcada diferencia (estadísticamente significativa) entre QT y los que recibieron el tratamiento de extracción del Col con la  $\beta$ -CD (QC, QS y QCI). La dureza de estos últimos resultó menor que en QT. Esto es debido a que el proceso de homogeneización mecánica al que se sometieron las cremas (para la extracción de Col) afecta la estructura de las proteínas, ocasionando que las caseínas se incorporen dentro de la membrana de los glóbulos de grasa lo que promueve una estructura más débil (Kwak, Nam et al. 2001).



**FIGURA 3:** Firmeza de los quesos en estudio cuando la sonda cilíndrica penetra 10 mm.

### Análisis digital del Color

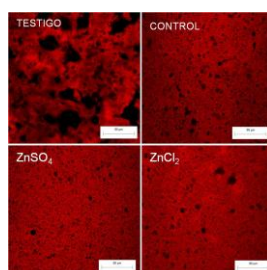
Se puede observar (Figura 4A) que el Queso control (1 - QT), sin ningún tratamiento adicional, presenta un color amarillo más intenso, debido a que la homogeneización de estos últimos (QFF: 2 - QC, 3 - QS y 4 - QCI) cambia la birrefringencia por disminución de tamaño de los glóbulos grasos. Además (Figura 4B), los valores de luminosidad ( $L^*$ ) se mantienen constantes para los distintos tipos de quesos analizados, mientras los valores de  $a^*$  y  $b^*$  cambian significativamente en los QFF (con extracción de Col), respecto a los quesos elaborados a partir de cremas sin esta extracción.



**FIGURA 4:** A) Imágenes de muestras analizadas en condiciones apropiadas de iluminación (1- QT; 2- QC; 3- QZnSO<sub>4</sub> (QS); 4- QZnCl<sub>2</sub> (QCI). B) Parámetros de Color de las muestras en estudio.

### Análisis de imágenes

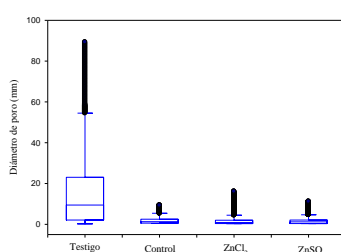
En Figura 5 se observan las imágenes de la microestructura de los quesos. En Tabla 3 y Figura 6 se muestran los parámetros de textura y las distribuciones de tamaños de poro. K disminuye en el QC y con la adición de las distintas sales, con respecto a QT, mientras que U aumenta. Un incremento de U implica una distribución uniforme en la imagen, mientras que una disminución de K una estructura en donde las partículas se encuentran dispersadas uniformemente por toda la imagen. Debido a la homogenización los quesos tuvieron poros más pequeños y distribuidos más uniformemente, mientras que para el QT se observaron poros más grandes, más irregulares y ubicados en sectores bien definidos. Por otra parte, el hecho de que no se observaron diferencias ni en los valores de los parámetros de textura ni en los tamaños de poro, entre las muestras control y las fortificadas confirma que lo que estaría cambiando la microestructura de los quesos no sería la adición de las sales, sino el proceso de homogeneización.



**FIGURA 5:** Microestructura utilizando microscopía confocal.

**TABLA 3:** Parámetros computacionales de textura.

Parámetro textura	Testigo (QT)	Control (QC)	ZnSO <sub>4</sub> (QS)	ZnCl <sub>2</sub> (QCI)
Suavidad (K)	0,043±0,005	0,017±0,002	0,014±0,001	0,016±0,001
Uniformidad (U)	0,023±0,004	0,031±0,003	0,031±0,001	0,030±0,002



**FIGURA 6:** Distribuciones de tamaño de poro de los distintos quesos en estudio.



### Determinación del porcentaje de humedad de los quesos y rendimiento quesero.

Se observa (tabla 4) que el % HR varió muy levemente, mostrando el queso control un porcentaje de humedad estadísticamente inferior que el resto de las muestras analizadas.

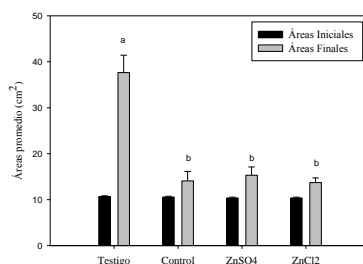
**TABLA 4:** Porcentaje de humedad de los quesos en estudio.

Muestra	% humedad (%HR)	Rendimiento quesero
Queso Testigo (QT)	(56,4 ± 0,5) <sup>a</sup>	12,2 ± 0,5
Queso Control (QC)	(53,9 ± 0,4) <sup>b</sup>	13,1 ± 0,5
Queso ZnSO <sub>4</sub> (QS)	(55,8 ± 0,9) <sup>a</sup>	13,5 ± 0,1
Queso ZnCl <sub>2</sub> (QCl)	(55,8 ± 0,1) <sup>a</sup>	14,0 ± 1,0

El rendimiento quesero se calculó como: (peso de los quesos / leche fluida inicial) . 100. Los valores obtenidos (tabla 4) son muy similares entre sí y están dentro del rango superior de los obtenidos con Quesos Frescos Tradicionales.

### Ensayos de derretibilidad.

Se observa (Figura 7) que el QT presentó aproximadamente 100 % más derretibilidad (mayor área final luego del ensayo de fusión) que el QC, y los adicionados con sales de Zn<sup>2+</sup>, observándose DES (p < 0,05). Esto se debería a la homogenización que afectaría significativamente esta propiedad funcional. Entre el QC y los adicionados con sales de Zn<sup>2+</sup> no hubo diferencias significativas entre las áreas de fusión.



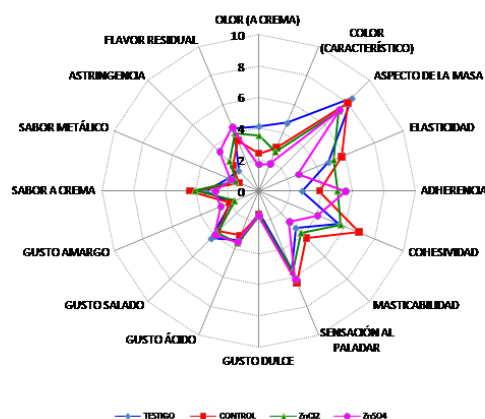
**FIGURA 7:** Áreas de las muestras de los quesos, antes y después del ensayo de derretibilidad.

### Análisis sensorial

Se observan (Figura 8) los valores promedio de los descriptores para cada muestra.

El olor a crema fue más intenso en QT, siendo menor en QS. Para QCl, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (DES) con el QT y QC, pero sí con QS. El color característico fue más intenso y estadísticamente diferente en QT comparado con el resto. El aspecto de la masa fue homogéneo, no presentándose DES entre las 4 muestras, siendo los puntajes altos y cercanos al extremo superior (9,0).

QS presentó menor elasticidad (DES). La adherencia al paladar fue mayor en los quesos adicionados con sales, y lo contrario para QT. La cohesividad fue menor para QS y mayor para QT. Todos los quesos presentaron similar masticabilidad y sensación al paladar, sin DES entre las muestras. El gusto dulce fue calificado siempre como “casi nada perceptible”, por lo que ni el remanente de  $\beta$ -CD, ni la glucosa liberada desde ella, influye en su percepción. El gusto ácido, salado y amargo fue poco percibido. El sabor a crema fue similar, por lo tanto, la extracción de Col no alteró las propiedades organolépticas de la MG. No se detectó prácticamente sabor metálico. La astringencia fue muy baja para las diferentes muestras, no encontrándose DES entre las mismas.



**FIGURA 8:** Comparación de los valores promedios de los descriptores de los quesos experimentales. Los resultados de la evaluación sensorial son consistentes con lo reportado (Kahraman and Ustunol 2012), respecto al efecto sobre las características sensoriales en diferentes tipos de productos lácteos, distintos de queso fresco, en que la fortificación con  $Zn^{2+}$  no afecta negativamente (en las concentraciones ensayadas) las características sensoriales.

#### 4. Conclusiones

Se logró desarrollar Quesos Frescos Funcionales (QFF) con muy buena extracción de colesterol ( $> 93\%$ ) y fortificación con  $Zn^{2+}$  (superior al  $85\%$ ), con características sensoriales muy similares a las del QT. Las condiciones de coagulación ( $t_c$ ,  $t_r$  y  $F_m$ ) fueron muy similares para: QT, QC y QCl, retardándose levemente la coagulación en QS. El sabor dulce se detectó en muy baja intensidad y la sal  $ZnSO_4$  produjo diferencias muy leves entre los QFF y el Queso Control. Se observó que las sales adicionadas de  $Zn^{2+}$ , en las concentraciones ensayadas, no confirieron gusto metálico y astringente a los quesos fortificados, ni produjeron DES con el queso control, en % HR y rendimiento quesero. Las diferencias encontradas en los ensayos de firmeza, microestructura, derretibilidad y color son atribuibles a la homogeneización de las cremas, con el objetivo de extraer el Col, y no a la adición de las sales de  $Zn^{2+}$ , pero estas diferencias no afectaron de forma negativa las características organolépticas y texturales de los quesos analizados. Se podría plantear lograr un producto en el cual se limite la extracción de colesterol para mejorar algunas características importantes, que determinan la calidad del mismo, como por ej. disminuir el nivel de extracción de colesterol para mejorar la derretibilidad.

Se concluye que se ha logrado un producto de muy buena calidad nutricional que mejora la salud (alta concentración de Zn) y previene enfermedades cardiovasculares y coronarias (reducción del colesterol), manteniendo sin cambio estadístico las principales características: fisicoquímicas, reológicas y texturales del queso tradicional (Figura 8).



## 5. Bibliografía

- Auty, M., M. Twomey, T. Guinee and D. Mulvihill (2001). Development and application of confocal scanning laser microscopy methods for studying the distribution of fat and protein in selected dairy products. *Journal of Dairy Research*,68:417-427.
- Doube, M., M. M. Kłosowski, I. Arganda-Carreras, F. P. Cordelières, R. P. Dougherty, J. S. Jackson, B. Schmid, J. R. Hutchinson and S. J. Shefelbine (2010). BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone*,47: 1076-1079.
- Drake, M. (2007). Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*,90: 4925-4937.
- Ingrassia, R., J. P. Costa, M. E. Hidalgo, M. Mancilla Canales, H. Castellini, B. Riquelme and P. Risso (2013). Application of a digital image procedure to evaluate microstructure of caseinate and soy protein acid gels. *LWT - Food Science and Technology*,53: 120-127.
- Kahraman, O. and Ustunol, Z. (2012). Effect of zinc fortification on Cheddar cheese quality. *Journal of Dairy Scie*,95: 2840-2847.
- Kwak, H., C. Nam and J. Ahn (2001). Low Cholesterol Mozzarella Cheese Obtained from Homogenized and B—Cyclodextrin—Treated Milk. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*,14: 268-275.
- Muthukumarappan, K., Y. C. Wang and S. Gunasekaran Short Communication: Modified Schreiber Test for Evaluation of Mozzarella Cheese Meltability1. *Journal of Dairy Science*,82: 1068-1071.
- Pavón, Y. L., S. M. Lazzaroni, N. G. Sabbag and S. D. Rozycki (2014). Simultaneous effects of gelatin and espina corona gum on rheological, physical and sensory properties of cholesterol-reduced probiotic yoghurts. *International Journal of Food Science & Technology*.
- Pomastowski, P., M. Sprynskyy and B. Buszewski (2014). The study of zinc ions binding to casein. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*,120: 21-27.
- Sanchez, C., J. Beauregard, M. Chassagne, J. Bimbenet and J. Hardy (1995). Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. *Food research international*,28: 547-552.
- Yam, K. L. and S. E. Papadakis (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*,61: 137-142.

# 19TCA - SECADO CONVECTIVO DE ANANÁ CON APLICACIÓN DE PULSOS DE ENERGÍA DE MICROONDAS

FERNÁNDEZ, P.<sup>1</sup>; MASCHERONI, R.<sup>2</sup>; RAMALLO, L.<sup>1</sup>

1.IMAM (CONICET–Universidad Nacional de Misiones). Misiones. Argentina

2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI-UNLP). La Plata. Argentina.

lram@fcegyn.unam.edu.ar

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de pulsos de microondas sobre el secado convectivo de ananá, para establecer la condición de secado más favorable en términos de cinética de pérdida de agua de frutas de *Ananá Comosus* variedad Cayena Lisa cortado en placas de 6 mm de espesor. Se diseñaron nueve condiciones diferentes de deshidratación aplicando deshidratación osmótica a 40°C/50°Brix, energía de microondas de 800 W y 2450 MHz y secado con corriente de aire de 1 m/s y 60°C, en diferentes relaciones de tiempo microondas-tiempo convección forzada. Los resultados mostraron que la aplicación de pulsos de microondas al secado convectivo es un método efectivo para acortar el tiempo requerido para alcanzar cierto contenido de agua en fruta de ananá. De las condiciones ensayadas los mejores resultados se registraron con secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos, donde el 10% del contenido de agua inicial se alcanza en 150 min mientras que con secado continuo dicha humedad se logra en 240 min. Se aplicó un modelo empírico (Ecuación de Page) para describir la cinética de secado, con apropiado ajuste de los resultados experimentales ( $r^2 \geq 0,96$ ).

## 1. Introducción

La deshidratación de alimentos es un método de preservación que se ha utilizado desde tiempos prehistóricos, pero en los últimos años se comenzaron a desarrollar métodos combinados de secado para suplir las desventajas del secado tradicional. Estos métodos mejoran la calidad del producto y en varios casos presentan la ventaja adicional de ahorro de energía (Simal *et al.*, 1997; Rahman y Lamb, 1991; Vega, 2003). La energía de microondas ofrece varias ventajas en comparación con los métodos convencionales de secado, como la velocidad de operación, ahorro de energía, control de procesos precisa y más rápida puesta en marcha, y en algunos casos, mejor calidad del producto final (Datta *et al.*, 2001; Maskan, 2001; Zang *et al.*, 2006). Uno de los inconvenientes de la utilización de microondas en el proceso de secado es que potencias excesivas pueden causar un calentamiento no uniforme en algunos productos (Brennan *et al.*, 1990) e incluso la carbonización (Maskan, 2001). Zhang *et al.* (2010) realizaron una revisión bibliográfica de la aplicación de microondas en el secado de frutas y verduras concluyendo que es una oportunidad única en el desarrollo de tecnologías avanzadas, principalmente por la reducción del tiempo de secado y la calidad de los productos obtenidos.

El empleo de microondas en el secado de uchuva y mora disminuye el tiempo de proceso, aumentando la calidad y la vida útil de los productos, y la combinación de microondas (bajos niveles de potencia) y secado convectivo, es más eficiente que el secado convectivo ya que las frutas requieren de menor tiempo para alcanzar el equilibrio (Duque *et al.*, 2011), a similares conclusiones llega Alibas (2007) para el

secado de rodajas de calabaza. El proceso combinado de deshidratación osmótica (DO) y secado con energía de microondas (DO+MW) preserva mejor la estructura celular que con la aplicación de MW únicamente (Erle *et al.*, 2001).

El ananá es una fruta que contiene aproximadamente 90% de agua, por ello los métodos de conservación basados en la reducción del contenido de agua son ampliamente empleados. Botha *et al.* (2012a) mencionan que la potencia de microondas y la temperatura del aire son los factores que más influyeron en la calidad del ananá pretratado osmóticamente y secado con energía de microondas a potencia de emisión constante.

El modelo empírico de Page deriva de una relación directa entre la humedad promedio del sólido y el tiempo de secado, además de estar fuertemente relacionados con el modelo difusional de la segunda ley de Fick (Akpınar, 2005). A pesar de que las constantes  $k$  y  $n$  de este modelo no tienen significado físico claramente definido, esta ecuación permite describir en forma satisfactoria la curva de secado de alimentos, tal como lo reportan varios autores, Simal *et al.* (2005) en kiwi, Ceylan *et al.* (2007) en banana, kiwi y palta, Doymaz (2007) en tomates, entre otros productos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de pulsos o intervalos de aplicación de energía de microondas sobre el secado convectivo de frutas de ananá fresco y previamente tratado en solución osmótica, para establecer la condición de secado más favorable en términos de cinética de pérdida de agua, variando la relación tiempo de aplicación aire caliente/tiempo de energía de microondas.

## 2. Metodología

### **Muestra**

Se trabajó con frutas maduras de *Ananá Comosus* variedad Cayena Lisa ( $12 \pm 1$  °Brix). Las frutas se pelaron y cortaron en medias rodajas de  $0,60 \pm 0,05$  cm de espesor, con un sacabocado se retiró el centro. Se utilizó la parte media de la fruta para minimizar errores debidos a la variación del contenido de compuestos entre la base y la parte superior del ananá (Ramallo y Mascheroni, 2004).

Se evaluó la humedad de la fruta fresca y al final del secado mediante el método gravimétrico, en estufa a 75°C hasta pesada constante (aproximadamente 48 horas).

### **Secado**

Se llevó a cabo en secadero con flujo de aire axial a las muestras (Dalvo Instrumentos, modelo S343, Argentina) a temperatura (60°C) y velocidad de aire (1 m/s) constantes, durante cuatro horas. Las muestras de ananá se colocaron en bandejas plásticas evitando el contacto entre ellas.

Los pulsos de microondas se aplicaron con la potencia máxima de salida del equipo (Whirlpool, modelo WMD20SB, Argentina) de 800 W y 2450 MHz, durante intervalos de 10 y 20 segundos (amplitud del pulso). La frecuencia de la aplicación del pulso de energía de microondas se definió como la inversa del tiempo entre dos repeticiones (período), de acuerdo a la Ec. 1. Se aplicaron períodos de 30 y 60 min.

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

El proceso de deshidratación osmótica (DO) se realizó en solución de sacarosa de 50°Brix, a 40°C con agitación en shaker termostatizado (Dubnoff, Argentina), durante cinco horas. Retiradas las muestras de la solución osmótica, se las enjuagó con agua

desmineralizada y el exceso de agua superficial se eliminó con papel tissue. Se registró el peso de cada muestra antes de y al finalizar el proceso de DO.

Se diseñaron procesos de deshidratación al ananá aplicando diferentes relaciones de intervalo microondas - intervalo convección forzada:

- **E1: SAC.** Secado continuo, durante cuatro horas.
- **E2: SAC30+MW10.** 30 min de flujo de aire a 60°C +10 s de energía de microondas, de modo iterativo durante cuatro horas.
- **E3: SAC60+MW10.** 60 min de flujo de aire a 60°C + 10 s de energía de microondas, de modo iterativo durante cuatro horas.
- **E4: SAC30+MW20.** 30 min de flujo de aire a 60°C + 20 s de energía de microondas, de modo iterativo durante cuatro horas.
- **E5: SAC60+MW20.** 60 min de flujo de aire a 60°C + 20 s de energía de microondas, de modo iterativo durante cuatro horas.
- **E6: SAC+MW20/2.** 20 s de energía de microondas a las 3 horas y 3,5 horas de secado con flujo de aire a 60°C.
- **E7: DO+SAC.** 5 h de deshidratación osmótica + 4 h de secado continuo.
- **E8: DO+SAC30+MW20.** 5 h de DO y luego secado combinando 30 min de flujo de aire a 60°C + 20 s de energía de MW, de modo iterativo durante 4 h.
- **E9: DO+SAC60+MW20.** 5 h de DO y luego secado combinando 60 min de flujo de aire a 60°C + 20 s de energía de microondas, de modo iterativo por 4 h.

Los ensayos se realizaron por triplicado.

### ***Cinética de secado***

Para describir la transferencia de masa durante los procesos de secado se utilizó un modelo empírico: Ecuación de Page (Ec. 2).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt^n) \quad (2)$$

Donde:  $M_0$ ,  $M$  y  $M_e$  son los valores de humedad inicial ( $t=0$ ), al tiempo  $t$  de secado y al equilibrio, respectivamente (g de agua/100 g de materia seca);  $t$  es el tiempo de secado (min);  $k$  ( $s^{-1}$ ) y  $n$  son coeficientes de la Ec. de Page. En este trabajo asumimos que se alcanza el equilibrio en 72 h de secado, puesto que a ese tiempo se obtuvo masa constante en intervalos de 3 h.

La bondad del ajuste de la Ec. 2a los resultados experimentales se evaluó a través del coeficiente de regresión lineal ( $r^2$ ) y del error promedio porcentual (Epp) de la estimación (Ec. 3).

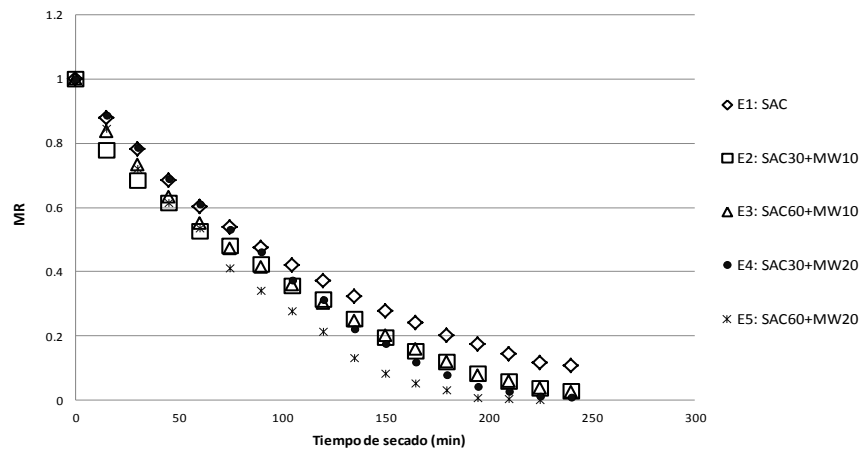
$$Epp = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{M_{exp} - M_{calc}}{M_{exp}} \right| \times 100 \quad (3)$$

### **3. Resultados**

Los resultados del contenido de agua de la fruta fresca (promedio de siete ensayos) fueron de  $8,405 \pm 1,452$  g agua/g fruta seca.

La efectividad del proceso de secado con pulsos de microondas respecto al secado continuo puede interpretarse a través de los valores experimentales de humedad de las muestras en tiempos homólogos de proceso. Estos resultados fueron representados como relación adimensional de humedad en las Figuras 1, 2 y 3. Los resultados

experimentales señalan que la aplicación de pulsos de microondas al secado con corriente de aire a 60°C favorece la velocidad de pérdida de agua, puesto que la humedad de las muestras del ensayo E1 con 4 h de secado es superior a los valores resultantes de los demás ensayos (Figura 1). A modo general, se puede observar que las curvas de secado con aplicación de pulsos de microondas se encuentran por debajo de la curva de secado continuo.

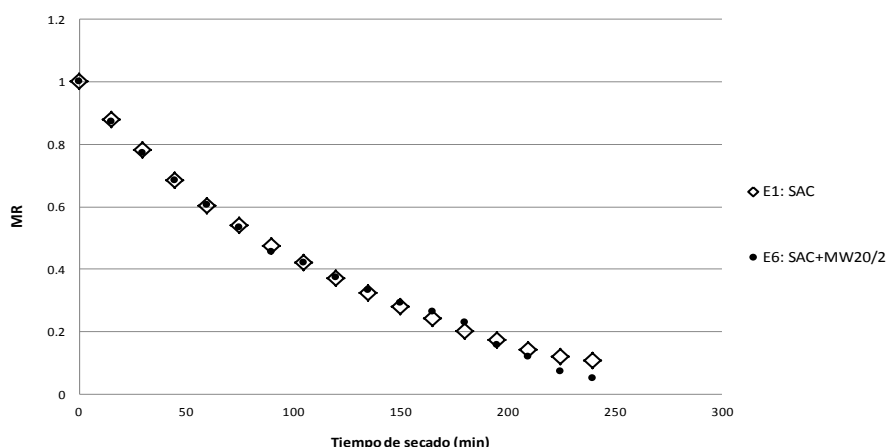


**FIGURA 1.** Variación de humedad en ananá durante el secado continuo (E1) y con aplicación de pulsos de microondas de diferente frecuencia y amplitud.

Con respecto a la frecuencia de aplicación de los pulsos de microondas ( $1/30$  o  $1/60 \text{ min}^{-1}$ ) se observó que esta variable afecta significativamente la velocidad de pérdida de agua durante el secado para los ensayos con pulsos 20 s (Fig. 1) y no afecta los resultados del secado de muestras de ananá previamente tratados con DO (Fig. 3).

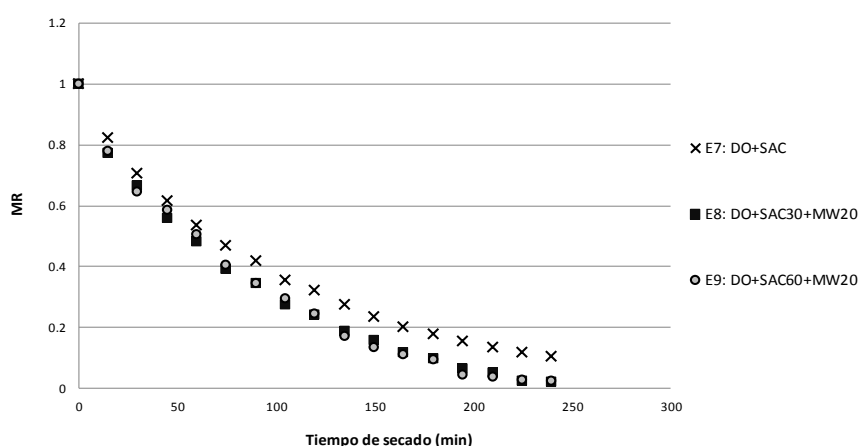
También se deduce de lo expuesto en la Fig. 1 que el tiempo de aplicación de energía de microondas o amplitud del pulso influye significativamente sobre la cinética de pérdida de agua y que este efecto es más drástico cuando la frecuencia de aplicación de los pulsos fue de  $1/60 \text{ min}^{-1}$ .

Como era predecible dado el efecto combinado de las dos variables, amplitud y frecuencia de aplicación de energía de microondas, los mejores resultados se registraron en el secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos (E5, Fig. 1), donde a las 3 h de proceso las muestras de fruta retuvieron el 3,8% del agua inicial en tanto que en ese período las muestras de secado continuo retuvieron el 21%; asimismo el 10% del contenido de agua inicial se alcanzó en 150 y 240 minutos con secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos y con secado continuo, respectivamente. Los resultados del ensayo E6 (Fig. 2) reafirman el efecto positivo de la aplicación de pulsos de microondas al secado convectivo sobre la cinética de secado, aún en el caso de aplicarlos en la última etapa del proceso (180 y 210 min de secado).



**FIGURA 2.** Variación de humedad en ananá durante el secado continuo (E1) y con aplicación de pulsos de microondas a los 180 y 210 min del proceso (E6).

Las muestras impregnadas previamente con sacarosa resultaron con valores de humedad más altos a igual tiempo de secado (Figura 3), posiblemente debido a que durante el proceso de deshidratación osmótica se forma una costra o capa superficial de mayor concentración de sacarosa y ello incrementa la dificultad de migración del agua desde el interior del sólido. Sin embargo, puede observarse en la Figura 3 el efecto positivo que tiene la aplicación de microondas sobre la cinética de secado de la fruta con un proceso previo de DO: la fruta alcanza el 14% del agua contenida al inicio del secado en 150 y 240 minutos de secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 minutos y con secado continuo respectivamente. Los resultados de Botha *et al.* (2012b) en un estudio sobre secado con aire asistido con microondas, en potencia variable, de ananá osmóticamente tratado indicaron que el uso de un apropiado programa de potencia variable de microondas combinado con bajas temperaturas del aire puede dar lugar a un proceso de secado rápido, con excelentes características del producto final.



**FIGURA 3.** Variación de humedad en ananá tratado osmóticamente, durante el secado continuo (E7) y con aplicación de pulsos de microondas de diferente frecuencia.

Los valores de humedad expresados como relación adimensional (MR), se ajustaron al modelo empírico de Page (Ec.2). Los valores de los parámetros resultantes del ajuste por regresión no lineal y los errores de estimación para el modelo se presentan en la Tabla 1. El parámetro  $k$  puede ser considerado como una medida de la velocidad de pérdida de humedad cuando se comparan experiencias con valores de  $n$  equivalentes.

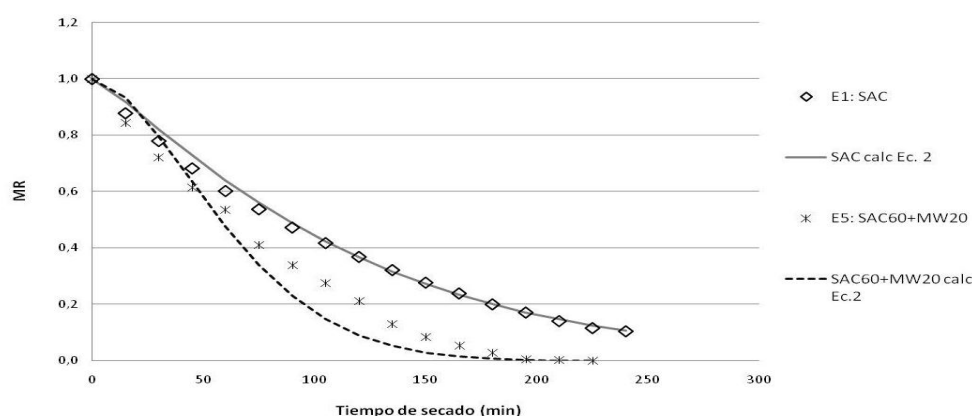


**TABLA 1.** Constantes y ajustes del modelo de Page

Tratamiento	Modelo de Page			
	$k$	$n$	$r^2$	$Epp$ (%)
<b>E1: SAC</b>	0,0034	1,18	0,9955	4,57
<b>E2: SAC30+MW10</b>	0,0047	1,2	0,9730	14,10
<b>E3: SAC60+MW10</b>	0,0048	1,2	0,9757	13,60
<b>E4: SAC30+MW20</b>	0,0004	1,7	0,9767	16,60
<b>E5: SAC60+MW20</b>	0,0007	1,7	0,9544	26,00
<b>E6: SAC+MW20/2</b>	0,0021	1,3	0,9567	12,50
<b>E7: DO+SAC</b>	0,0141	0,94	0,9986	1,79
<b>E8: DO+SAC30+MW20</b>	0,0038	1,25	0,9824	8,00
<b>E9: DO+SAC60+MW20</b>	0,0039	1,25	0,9880	7,57

Se encontró que la frecuencia de aplicación de los pulsos de MW no afecta los valores de  $k$  en los ensayos con pulsos de 10 s (E2 y E3) pero son ligeramente mayores a los valores de  $k$  del secado continuo (E1), indicando una mayor velocidad de secado para los ensayos con aplicación de energía de microondas.

En la Figura 4 se muestran los valores experimentales (símbolos) y calculados por el modelo de Page (líneas) durante el secado continuo y el secado con pulsos de microondas de 20 s cada 60 min.



**FIGURA 4.** Variación de la humedad a experimental (símbolos) y predicha por la Ec. de Page (líneas) para el secado ananá

Kassem (2011) realizaron estudios similares en la comparación del secado de uvas sin semillas empleando secado con aire caliente y microondas, concluyendo que el proceso de mayor duración fue el secado con aire caliente, luego el secado convectivo+1 pulso, y el de menor tiempo de secado fue el ensayo que aplica 1 pulso al inicio y continúa el secado convectivo. Al aplicar el modelo de Page, Kassem obtuvo resultados similares de la constante  $n$  para el secado con aire caliente, y en los métodos combinados de SAC-MW los valores fueron de 1,446 y 1,513 respectivamente, siendo semejantes a los obtenidos en este estudio en los ensayos con duración de 20s de pulso de MW. Al igual que Kassem, Bothaet al. (2012b) menciona que la aplicación de energía de microondas fue más eficaz en las primeras horas de procesamiento, pero se lentifica el secado hacia el final probablemente debido a valores muy bajos de humedad de equilibrio.

#### 4. Conclusiones

En este estudio se analizó los efectos de la aplicación de pulsos de energía de microondas durante el secado con corriente de aire a 60°C de frutas de *Ananás Comosus*. A tal fin se diseñaron ensayos de secado aplicando a distintas frecuencias pulsos de energía de microondas con diferentes valores de amplitud. Los resultados experimentales demostraron que la aplicación de energía de microondas favorece la velocidad de secado de ananá. Específicamente se observó que al disminuir la frecuencia de aplicación de microondas se conserva o incrementa la velocidad de pérdida de agua. Asimismo, los resultados señalan que en ensayos con pulsos aplicados con igual frecuencia la velocidad de pérdida de agua es mayor cuando la amplitud de pulso fue de 20 s respecto de los ensayos con pulsos de 10 s. Por otra parte, la ecuación de Page puede ser utilizada para describir satisfactoriamente la transferencia de masa durante el secado de ananá.

#### 5. Bibliografía

- Alibas, I. (2007). Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT*, 40: 1445–1451.
- Botha, G.E.; Oliveira, J.C.; Ahrné, L. (2012a). Quality optimization of combined osmotic dehydration and microwave assisted air drying of pineapple using constant power emission. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 171–179.
- Botha, G.E.; Oliveira, J.C.; Ahrné, L. (2012b). Microwave assisted air drying of osmotically treated pineapple with variable power programmes. *Journal of Food Engineering*, 108: 304–31.
- Ceylan, İ.; Aktas, M.; Dogan, H. (2007). Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits. *Applied Thermal Engineering*, 27: 1931–1936.
- Datta, A.K.; Anantheswaran, R.C. (2001). *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*. Ed. Marcel Dekker, New York, USA, pp. 115–118.
- Doymaz, İ. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78: 1291–1297.
- Duque, C.A.L.; Villamizar, V.R.H. y Giraldo, P.G.A. (2011). Evaluación de las técnicas de secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y mora (*Rubus glaucus*) con aire caliente y aire caliente – microondas. *Revista Tumbaga*, 6: 17-28.
- Erle, U.; Schubert, H. (2001). Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering*, 49: 193–199.
- Kassem, A.S.; Shokr, A.Z.; El-Mahdy, A.R.; Aboukarima A.M.; Hamed E.Y. (2011). Comparison of drying characteristics of Thompson seedless grapes using combined microwave oven and hot air drying. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 10: 33–40.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48: 177-182.
- Rahman, S.; Lamb, J. (1991). Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated pineapple. *Journal of Food Process Engineering*, 14 (3): 163–171.
- Simal, S.; Femenia, A.; Garau, M.C.; Rosselló, C. (2005). Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering*, 66: 323–328.
- Simal, S.; Deyá, E.; Frau, M.; Rosselló, C. (1997). Simple modelling of air drying curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apple cubes. *Journal Food Engineering*, 33: 139-150.
- Vega, A. (2003). Estudio de la deshidratación y rehidratación del pimiento rojo (*Capsicum Annuum* L.) var. Lamuyo. (Tesis Doctoral). Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España.

## 20TCA - EXTRACCIÓN DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE (*Illex paraguariensis*)

BUTIUKE, A. P.<sup>1,2</sup>; MARTOS, M.A.<sup>2</sup>; HOURS, R. A.<sup>1</sup>

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI; UNLP, CONICET La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115, (B1900ASH) La Plata, Argentina.**  
**2. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina.**  
**e-mail: [anabutiuk@fceqyn.unam.edu.ar](mailto:anabutiuk@fceqyn.unam.edu.ar)**

### Resumen

El ácido clorogénico (ACG) es un químico fino utilizado en diferentes industrias. Actualmente, no hay producción local de ACG por lo que debe ser importado. Sin embargo, la yerba mate, con cantidades significativas de ACG, constituye una fuente novedosa para la producción del compuesto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el método de extracción sólido-líquido más adecuado, para obtener un extracto rico en ACG, a partir de palo de yerba mate. Se evaluaron diferentes factores sobre el proceso de extracción sólido-líquido. La relación sólido/líquido óptima fue de 1/20 g/ml, a mayor relación disminuyó la extracción de ACG. A partir de esta relación se evaluó la cinética de extracción a 80 °C para dos tamaños de partículas: Ø < 500 µm y 2,5 x 5 mm > tamaño partículas > 1 x 5 mm. La mayor concentración de ACG fue extraída con partículas de menor tamaño, siendo en este caso el proceso de extracción prácticamente instantáneo. La temperatura óptima de extracción fue de 60°C. En todos los casos, el ACG extraído en la primera y segunda etapas representó más del 90% del contenido total de ACG de las tres etapas. Se logró obtener un extracto acuoso con elevado contenido de ACG (~1,3 g/l) a partir de palos de yerba mate.

### 1. Introducción

Estructuralmente, el ácido clorogénico (ACG) es un éster formado entre el ácido cafeico y el L-quinico. Se han reportado actividades farmacológicas asociadas al ACG tales como agente contra el cáncer, antioxidante, antiviral, antibacterial y antifúngico con relativa baja toxicidad y efectos secundarios además de bajo potencial de desarrollo de resistencia antimicrobiana (Jiang et al., 2001; Farah y Donangelo, 2006).

El ACG está actualmente disponible en el mercado internacional tanto en forma de producto grado analítico, como así también de grado alimenticio y a granel, siendo en todos los casos considerado dentro de la categoría de Fine Chemicals. Actualmente, en nuestro país no hay producción de ACG por lo que las necesidades locales deben ser satisfechas por importación. El ACG se puede extraer de diferentes fuentes naturales, siendo el género *Eucommia* la principal fuente comercial, particularmente en el caso de empresas productoras chinas (Li et al., 2005). Recientemente se ha popularizado su extracción a partir de granos de café verde. Sin embargo, resulta notable mencionar que la yerba mate (*Illex paraguariensis*), con contenidos del orden del 10 % (p/p) en base seca (Marques y Farah, 2009; Isolabella et al., 2010; Pagliosa et al., 2010), puede constituir una fuente totalmente novedosa, autóctona, aún no explotada y altamente competitiva para la producción industrial de este compuesto.

La yerba mate es un cultivo tradicional de la Provincia de Misiones, Argentina y de la región noreste de la Provincia de Corrientes-Argentina. El proceso de producción de la

yerba mate implica las etapas de cosecha, zapecado, secado, molienda, estacionamiento y envasado. A lo largo de las diferentes etapas del procesamiento industrial podrían producirse algunos cambios en el perfil y en la concentración de los compuestos bioactivos de la yerba mate (López et al., 2006). Estudios previos demostraron que el contenido de ACG de la yerba mate varía según la época de cosecha y en las distintas etapas de su procesamiento, y que la mayor concentración se encuentra en la yerba mate recién cosechada, tanto en hoja como en palo (Butiuk et al., 2014).

La eficiencia en la extracción de compuestos fenólicos en materiales vegetales depende de varios parámetros como la temperatura, el tiempo, tamaño de partícula, entre otros, y sus efectos pueden ser independientes o interactivos (Mylonaki et al., 2008; Naczki y Shahidi, 2004). Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la extracción de compuestos fenólicos a partir de yerba mate, bajo diferentes condiciones (Lunceford y Gugliucci, 2005; Ramírez-Mares et al., 2004). Murakami et al. (2011) han estudiado la optimización de la extracción acuosa de estos compuestos a partir de hojas de *I. paraguariensis*. Sin embargo, a la fecha, no existen estudios sobre la extracción acuosa de ACG, a partir de la fracción denominada “palos” de *I. paraguariensis*.

De acuerdo a lo antes mencionado y teniendo en cuenta que el “palo” resulta un residuo actualmente poco valorado en la industria yerbatera, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes factores que influyen en el proceso de extracción acuosa de ACG a partir de muestras de palo de yerba mate recién cosechado, a los efectos de obtener un extracto acuoso con elevado contenido de ACG.

## **2. Metodología**

### **2.1. Productos químicos**

Para las extracciones se utilizó agua destilada mientras que para la determinación del contenido de ACG se utilizaron los siguientes reactivos: ácido clorogénico (ACG) (Sigma, 98 % p/p de pureza), agua (Panreac, grado HPLC), ácido fórmico (Tedia, 96 % de pureza y grado HPLC) y acetonitrilo (J.T. Baker, grado HPLC).

### **2.2. Preparación de la muestra**

En el presente estudio se utilizó como materia prima yerba mate sin procesar (hojas y palos), manualmente recolectada al final de la época de zafra (meses de agosto-septiembre de 2014) proveniente de un establecimiento de yerba mate (La Cachuera S.A.) ubicado al Sur de la Provincia de Misiones, Argentina. Este material vegetal fue sometido a un tratamiento térmico para inhibir la actividad enzimática, dentro de las 36 h posteriores a la cosecha. Se realizó un cuarteo sucesivo y posterior remoción manual de las fracciones de hoja y palo. Esta última fracción (palos) fue molida utilizando un molino de cuchillas y posteriormente tamizada, seleccionándose las partículas que atravesaron una malla de 2,5 x 5 mm y fueron retenidas en una de 1 x 5 mm (2,5 x 5 mm > tamaño de partícula > 1 x 5 mm) y aquellas partículas que atravesaron una malla con diámetro de apertura de 500 µm ( $\emptyset$  partícula < 500 µm). Las muestras fueron almacenadas a 4 °C hasta su utilización y por un tiempo no mayor a los 90 días.

### **2.3. Preparación de los extractos**

Para la extracción de ACG, la cantidad correspondiente de muestra se adicionó a frascos Erlenmeyers de 50 ml que contenían 25 ml de agua destilada (pH 5,8). Los mismos fueron incubados en baño termostatzado con agitación, a tiempos y temperaturas variables. Los extractos obtenidos se filtraron con filtro de nitrato de celulosa (Sartorius, 0,45 µm) y se conservaron a 4 °C, hasta 4 días.

## 2.4. Efecto de la relación sólido/líquido

Se evaluaron las siguientes relaciones sólido/líquido (S/L) sobre el proceso de extracción de ACG (g/ml): 1/150 (6,67 g/l), 1/100 (10 g/l), 1/50 (20 g/l), 1/20 (50 g/l) y 1/10 (100 g/l). Los extractos fueron incubados en un baño termostatzado durante 30 min a 95-100 °C, con agitación constante.

## 2.5. Evaluación del número de extracciones

El efecto del número de extracciones de ACG fue evaluado utilizando la relación óptima S/L seleccionada en la etapa anterior, bajo las mismas condiciones descriptas anteriormente. Luego de la primera extracción, el residuo fue resuspendido en 25 ml de agua destilada y el proceso se repitió dos veces más.

## 2.6. Efecto del tamaño de partícula y la temperatura de extracción

Se estudió el efecto del tamaño de partícula ( $2,5 \times 5$  mm > tamaño de partícula >  $1 \times 5$  mm y  $\varnothing$  partícula < 500  $\mu$ m) y el efecto de la temperatura de extracción en el rango de 30 a 100 °C, utilizando la relación óptima S/L seleccionada en la etapa anterior.

## 2.7. Determinación del contenido de ácido clorogénico

La identificación y cuantificación del ACG se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con gradiente, utilizando un equipo Shimadzu Prominence, equipado con un autosampler Shimadzu SIL-20 A HT y un detector de arreglo de diodos UV/VIS Shimadzu SPD-M20A. El volumen de inyección fue de 20  $\mu$ l y la separación se realizó en una columna de fase reversa C18 Phenomenex Prodigy ODS3, con un gradiente binario compuesto por ácido fórmico al 1 % en agua deionizada y acetonitrilo. La identificación del ACG se llevó a cabo por comparación de los picos con el tiempo de retención del compuesto estándar (Carini et al. 1998, Fang et al. 2002; Bravo et al. 2006).

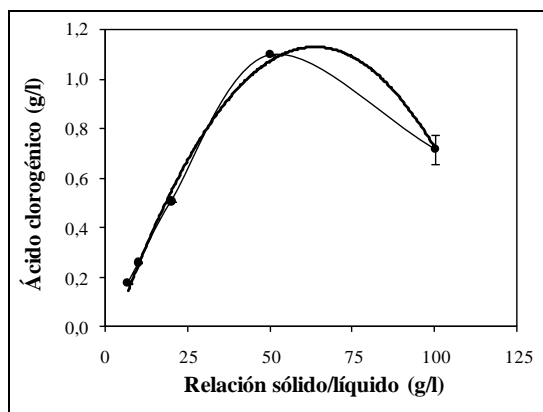
## 2.8. Análisis Estadístico

Las experiencias se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados como media  $\pm$  error estándar. Para el análisis de los datos experimentales se realizó un análisis de varianza (ANOVA) seguido por un análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey. Todas las comparaciones fueron realizadas con un nivel de confianza del 95 %. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus para Windows 3.0.

# 3. Resultados

## 3.1. Efecto de la relación sólido/líquido

En la Figura 1 se presenta la concentración de ACG extraído a partir de palos de yerba mate molidos ( $\varnothing < 500$   $\mu$ m), para las cinco relaciones S/L examinadas.



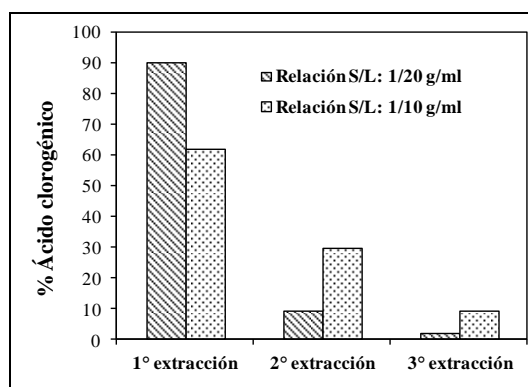
**FIGURA 1.** Efecto de la relación sólido/líquido sobre la extracción acuosa de ácido clorogénico a partir de palos de yerba mate molidos ( $\emptyset$  partícula < 500  $\mu$ m), durante un período de extracción de 30 min a 95-100 °C (la línea en negrita muestra la tendencia polinómica).

Como se observa en la Figura 1, la extracción de ACG se incrementó, al aumentar la relación S/L, obteniéndose la máxima extracción ( $1,099 \pm 0,001$  g ACG/l) con una relación 1/20 g/ml (50 g/l). Al utilizar una relación de 1/10 g/ml (100 g/l), la extracción fue menor, lo cual se pudo deber a un exceso de soluto respecto al solvente utilizado (Nawaz et al., 2006). El siguiente modelo de regresión expresa la cantidad de ACG extraído para una relación S/L específica.

$$\text{ACG} = -0,0003 x^2 + 0,0387 x - 0,0968 \quad (1)$$

### 3.2. Evaluación del número de extracciones

En la Figura 2 se presenta el porcentaje de ACG obtenido en cada etapa de extracción, a partir de palos de yerba mate molidos ( $\emptyset$  partícula < 500  $\mu$ m) para las relaciones S/L 1/20 y 1/10.

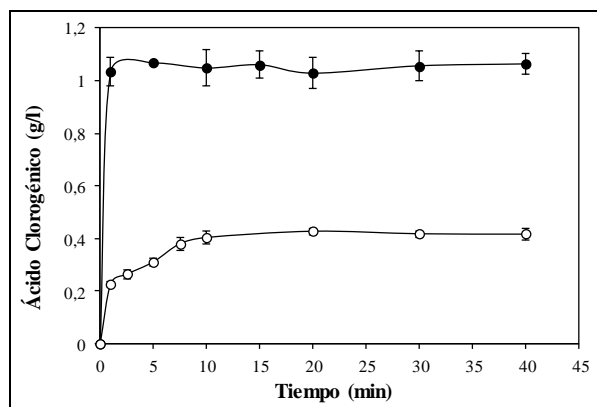


**FIGURA 2.** Porcentaje de ácido clorogénico extraído en cada etapa de extracción a partir de palos de yerba mate molidos ( $\emptyset$  partícula < 500  $\mu$ m), durante un período de extracción de 30 min a 95-100 °C.

El mayor porcentaje de ACG fue extraído en la primer etapa, siendo del 90% y del 67% respecto al total extraído, para las relaciones 1/20 y 1/10, respectivamente. Las cantidades de ACG extraídas disminuyeron en las subsecuentes etapas de extracción, siendo prácticamente despreciable en la tercera etapa para la relación 1/20 (Figura 2). El ACG extraído en las dos primeras etapas representó el 98,5% ( $1,244 \pm 0,043$  g ACG/l) y el 91,1% ( $1,116 \pm 0,016$  g ACG/l) para las relaciones 1/20 y 1/10, respectivamente. Esto está de acuerdo con lo informado por otros autores quienes estudiaron la extracción de polifenoles a partir de diferentes materiales vegetales (Shi et al., 2003; Nawaz et al., 2006).

### 3.3. Efecto tamaño de partícula sobre la extracción de ACG

La influencia del tamaño de partícula sobre la extracción acuosa de ACG a 80 °C y utilizando una relación S/L de 1/20 se muestra en la Figura 3.



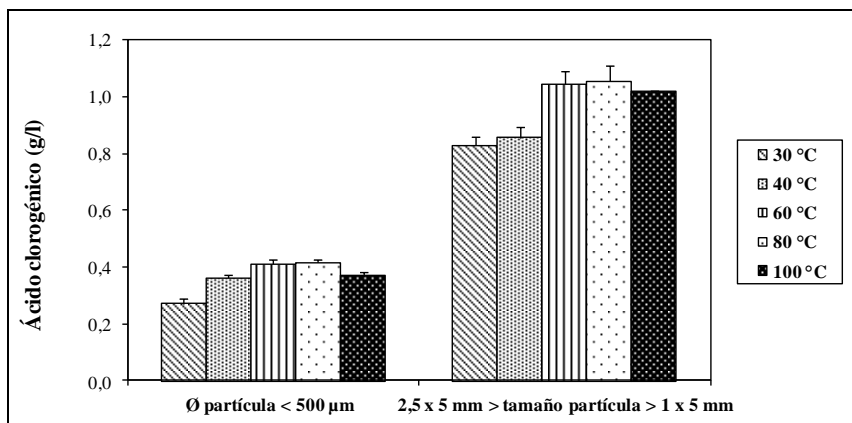
**FIGURA 3.** Influencia del tamaño de partícula sobre la extracción acuosa de ácido clorogénico a partir de palos de yerba mate, a 80 °C y una relación sólido/líquido = 1/20 g/ml. Símbolos: Ø partícula < 500 µm (○) y 2,5 x 5 mm > tamaño partículas > 1 x 5 mm (●).

Los resultados observados muestran que la mayor concentración de ACG extraída fue con partículas de menor tamaño (Ø partícula < 500 µm) y estuvo en el orden de  $1,051 \pm 0,015$  g/l, mientras que la concentración de ACG extraída a partir de partículas de mayor tamaño (2,5 x 5 mm > tamaño de partícula > 1 x 5 mm) fue de  $0,416 \pm 0,010$  g/l. Para las partículas de mayor tamaño, la velocidad de extracción de ACG aumentó en función del tiempo, hasta los 20 min, tiempo a partir del cuál permaneció constante. El análisis de varianza reveló que no hubo diferencia significativas en el tiempo de extracción para las partículas de menor tamaño, demostrando que la extracción de ACG fue prácticamente instantánea para la temperatura evaluada ( $p \leq 0,05$ ).

Negrão Murakami et al. (2011) y Aguiar Prudêncio et al. (2012) al estudiar la extracción acuosa de polifenoles a partir de hojas de yerba mate y a partir de residuos de la corteza de yerba mate, respectivamente, reportaron que la variable tiempo no ejerció una influencia significativa durante el proceso de extracción ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.4. Efecto de la temperatura sobre la extracción de ACG

En la Figura 4 se observa la influencia de la temperatura sobre la extracción de ACG a partir los dos tamaños de partículas estudiadas, durante un período de extracción de 5 min (Ø partícula < 500 µm) y de 30 min (2,5 x 5 mm > tamaño partículas > 1 x 5 mm).



**FIGURA 4.** Influencia de la temperatura sobre la extracción acuosa de ácido clorogénico a partir de palos de yerba mate de diferentes tamaños, utilizando una relación sólido/líquido = 1/20 g/ml, durante un

período de extracción de 5 min ( $\emptyset$  partícula < 500  $\mu$ m) y de 30 min (2,5 x 5 mm > tamaño partículas > 1 x 5 mm).

Al aumentar la temperatura se produjo un incremento en la extracción de ACG para ambos tamaños de partículas evaluados. La mayor concentración de ACG se obtuvo a 60 °C para ambos tamaños de partículas. El análisis de varianza reveló que no hubo diferencias significativas en la extracción de ACG entre las temperaturas de 60 y 80 °C para ambos tamaños de partículas ( $p \leq 0,05$ ). En ambos casos, la extracción de ACG disminuyó levemente a 100 °C. Prudêncio et al. (2012) quienes han estudiado la extracción acuosa de polifenoles a partir de residuos de yerba mate, han reportado que una temperatura superior a 90 °C, produjo un decrecimiento en la extracción de compuestos fenólicos.

#### 4. Conclusiones

En el presente estudio, la extracción de ACG a partir de palos de yerba mate estuvo influenciada principalmente por la relación S/L, el tamaño de partícula y la temperatura de extracción. El tiempo de extracción tuvo influencia significativa únicamente para las partículas de mayor tamaño.

Un sistema de dos extracciones consecutivas, a 60 °C y con una relación S/L de 1/20 g/ml sería necesario para extraer la mayor parte del ACG presente en el palo de yerba mate tanto para partículas de  $\emptyset < 500 \mu$ m (extracción instantánea) como para aquellas entre 2,5 x 5 mm y 1 x 5 mm.

#### 5. Bibliografía

- Aguiar Prudêncio, A.P.; Prudêncio, E. S.; Castanho Amboni, R.D.M.; Negrão Murakami, A.N.; Maraschin, M.; Cunha Petrus, J.C.; Ogliari, P.J.; Santos Leite, R. (2012). Phenolic composition and antioxidant activity of the aqueous extract of bark from residues from mate tree (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) bark harvesting concentrated by nanofiltration. Food and bioproducts processing 90: 399–405.
- Butiuk, A.P.; Maidana, A.S.; Martos, M.A.; Hours, R.A. Variación del contenido de ácido clorogénico durante el procesamiento de la yerba mate (*Illex paraguariensis*). V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, 17 a 19 de Noviembre de 2014.
- Farah, A.; Donangelo, C.M. (2006). Phenolic compounds in coffee. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18: 23–36.
- Isolabella, S.; Cogoi, L.; López, P.; Anesini, C.; Ferraro, G.; Filip, R. (2010). Study of the bioactive compounds variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing. Food Chemistry, 122: 695–699.
- Jiang, Y.; Satoh, K.; Watanabe, S. (2001). Inhibition of chlorogenic acid induced cytotoxicity by CoC<sub>12</sub>. Anticancer Research, 21: 3349–3353.
- Li, H.; Chen, B.; Yao, S. (2005). Application of ultrasonic technique for extracting chlorogenic acid from *Eucommia ulmoides* Oliv. (*E. ulmoides*). Ultrasonics Sonochem., 12: 295–300.
- López, O.; Isolabella, S.; Anesini, C.; Ferraro, G.; Filip, R. (2006). Estudio cuali-cuantitativo por HPLC de los principios activos presentes en los extractos de *Ilex paraguariensis* (yerba mate) en las diferentes etapas del procesamiento industrial. En: Libro Actas del IV Congreso Sudamericano de la Yerba Mate (1ra edición). Posadas, Argentina: INYM, INTA, UNAM, EPAGRI.
- Lunceford, N. y Gugliucci, A. (2005). *Ilex paraguariensis* extracts inhibit AGE formation more efficiently than green tea. Fitoterapia, 76: 419 - 427.
- Marques, V.; Farah, A. (2009). Chlorogenic acids and related compounds in medicinal



plants and infusions. Food Chemistry, 113: 1370-1376.

Mylonaki, S.; Kiassos, E.; Makris, D. P.; Kefalas, P. (2008). Optimisation of the extraction of olive (*Olea europaea*) leaf phenolics using water/ethanol-based solvent systems and response surface methodology. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 392: 977 - 985.

Nacz, M. y Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. Journal of Chromatography A, 1054: 95 - 111.

Nawaz, H.; Shi, J.; Mittal, G.S.; Kakuda, Y. (2006). Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultrafiltration. Separation and Purification Technology, 48: 176 – 181.

Negrão Murakami, A.N.; Dias de Mello Castanho Amboni, R.; Prudêncio, E.S.; Amante, E.R.; de Moraes Zanotta, L.; Maraschin, M.; Cunha Petrus, J.C.; Teófilo, R.F. (2011). Concentration of phenolic compounds in aqueous mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) extract through nanofiltration. LWT . Food Science and Technology, 44: 2211 - 2216.

Pagliosa, C.M.; Vieira, M.A.; Podestá, R.; Maraschin, M.; Bertello Zeni, A.L.; Amante, E.R.; Dias de Mello Castanho Amboni, R. (2010). Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil). Food Chemistry, 122: 173-178.

Ramirez-Mares, M. V.; Chandra, S. y Mejia, E. G. (2004). In vitro chemopreventive activity of *Camellia sinensis*, *Ilex paraguariensis* and *Ardisia compressa* tea extracts and selected polyphenols. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 554: 53 - 65.

Shi, J.; Yu, J.; Pohorly, J.; Young, C.; Bryan, M. (2003). Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution, J. Food Agric. Environ, 1 (2): 42.

## 21TCA - ACTIVIDAD ACUOSA E ISOTERMAS DE ABSORCIÓN DE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO

SCIAMMARO, L. P.<sup>1</sup>; FERRERO, C.<sup>1</sup>; PUPPO, M. C.<sup>1,2</sup>.

1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina

E-mail: [sciammaro@gmail.com](mailto:sciammaro@gmail.com)

2. LIPA (Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata). 60 y 118 – (1900) La Plata. Argentina

### Resumen

La harina algarroba constituye un ingrediente interesante para la formulación de productos panificados dulces por su alto contenido de sacarosa. Este componente está estrechamente ligado a la cantidad de agua presente, por lo que conocer el contenido y la disponibilidad de agua de esta harina resulta importante desde el punto de vista nutricional. El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad acuosa de las harinas de algarrobo blanco y negro; construir las isotermas de absorción de agua a 20 y 40°C y modelarlas utilizando cuatro ecuaciones empíricas (GAB, Iglesias-Chirife, Halsey, Leiva Diaz). Las harinas alcanzaron la humedad de equilibrio entre los 25 y 30 días para las dos temperaturas utilizadas. Para el algarrobo blanco, a diferencia del negro, el contenido de humedad para la misma actividad acuosa se incrementó. Los modelos de GAB y de Leiva-Diaz resultaron los más indicados para describir las isotermas de absorción de la harina de algarrobo blanco y negro, respectivamente; en un rango de temperatura entre 20 y 40°C y con valores de  $a_w$  de entre 0,06 a 0,85.

### 1. Introducción

Las especies del género *Prosopis* pertenecen a la familia de las Leguminosas sub familia mimosoideas. Se conocen 44 especies de las cuales 11 son endémicas del territorio argentino, siendo su fruto un lomento drupáceo indehisciente (Burkart 1976); el mismo es un componente importante para la dieta de las comunidades originarias de la zona árida del noroeste argentino, principalmente las provincias de Chaco y Santiago del Estero (Felker and Bandurski 1977). Otra característica de gran importancia es que es una planta tolerante a suelos salinos y que tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico ya que realiza simbiosis con bacterias del género *Rhizobium sp.* (Felker 2009). La harina proveniente del fruto de algarrobo constituye un ingrediente interesante para la formulación de productos panificados dulces por su alto contenido de sacarosa. El comportamiento de los azúcares en los alimentos está estrechamente ligado a la cantidad de agua presente, por lo que conocer el contenido de agua en los alimentos resulta importante desde el punto de vista nutricional y también desde la disponibilidad del agua y la interacción de la misma con los componentes del alimento, entre ellos los azúcares, que determinan la vida útil de los mismos. La relación entre el contenido total de humedad y la  $a_w$  para un ingrediente alimenticio en un rango de temperaturas constantes da como resultado una isoterma de absorción cuando se expresa de forma gráfica; las mismas relacionan el contenido de humedad en el equilibrio (kg agua / 100 kg materia seca) a una temperatura constante con la actividad termodinámica del agua del producto a un rango de humedades determinado (Rangel-Marrón et al. 2010). Un gran número de modelos han sido sugeridos en literatura para explicar la dependencia entre la humedad en el equilibrio y la actividad acuosa ( $a_w$ ), como el modelo de

Guggeheim-Anderson-son de Boer (GAB), Halsey (1948), Iglesias-Chirife (1976), Leiva (2009), entre otros.

## **2. Objetivo**

El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad acuosa como también determinar y modelar las isotermas de absorción de agua a dos temperaturas utilizando cuatro ecuaciones empíricas, de harinas de algarrobo blanco y algarrobo negro.

## **3 Metodología**

### **3.1 Obtención de las harinas**

Para obtener las harinas se lavaron las vainas realizando tres enjuagues con agua de red, luego se secaron las vainas en estufa de convección durante 4 hs a 80°C, luego se utilizó un molino domestico para molerlas y se las paso a través de un tamiz de 1000  $\mu\text{m}$ .

### **3.2 Humedad**

La humedad de las muestras se determinó siguiendo el protocolo de la (AOAC 1998), para el cual la muestra se secó a 70°C en vacío a presión de 50 mm Hg hasta peso constante.

### **3.3 Actividad acuosa a 20°C ( $a_w$ )**

La determinación de la actividad acuosa se realizó en una cámara a 20°C por triplicado. Una determinada masa de harina ( $1 \pm 0,1$  g) de humedad conocida se dejó llegar al equilibrio dentro de frascos cerrados herméticamente que contenían cada uno una solución sobresaturada de una sal de  $a_w$  conocida, en el rango de 0,089 a 0,544, compuestas por NaOH, LiCl,  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . Las mismas se pesaron hasta que la diferencia entre pesadas fuera menor o igual al 3% del peso final. Se graficó la variación de la pérdida o ganancia de peso de cada muestra en función de la actividad acuosa. Se obtuvo una regresión lineal de los puntos experimentales de cuya ecuación de la recta se calculó la actividad acuosa de las harinas originales (sin secar).

### **3.4 Determinación y modelado de las isotermas de absorción**

Para realizar las isotermas de absorción, la harina se secó previamente en condiciones de vacío (70°C y 50 mmHg) hasta peso constante para eliminar totalmente la humedad y partir de esta forma de una muestra seca. Todas las determinaciones de las isotermas se realizaron por triplicado, pesando una masa de muestra ( $1 \pm 0,1$  g) la que se dejó llegar al equilibrio dentro de frascos sobresaturados de sales de  $a_w$  conocida en el rango de 0,089 a 0,867 compuestas por NaOH, LiCl,  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ , MgCl,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaNO}_2$ , NaCl, KCl (Tabla 1). A las muestras que presentaron una  $a_w$  mayor a 0,6 se les agregó fenol para inhibir el crecimiento microbiano, especialmente de hongos filamentosos. Las temperaturas elegidas para realizar las isotermas de absorción fueron 20°C y 40°C.

### **3.5 Modelado**

La relación entre la humedad en el equilibrio  $H_e$  (kg agua / kg materia seca) y la  $a_w$  de la harina de algarrobo fue predicha utilizando cuatro ecuaciones representando modelos habitualmente utilizados en alimentos: GAB , Halsey, Iglesias-Chirife (Andrade et al. 2011) y Leiva Diaz (Leiva Díaz et al. 2009) (Tabla 2).

**TABLA 1:** Sales y sus respectivas actividades acuosas a diferentes temperaturas.

Sal	$a_w$ 20°C	$a_w$ 40°C
NaOH	0,089	0,063
LiCl	0,113	0,112
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	0,234	0,208
MgCl	0,330	0,320
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,432	0,433
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,544	0,484
NaNO <sub>2</sub>	0,654	0,614
NaCl	0,757	0,747
KCl	0,867	0,843

### 3.5 Modelado

La relación entre la humedad en el equilibrio  $H_e$  (kg agua / kg materia seca) y la  $a_w$  de la harina de algarrobo fue predicha utilizando cuatro ecuaciones representando modelos habitualmente utilizados en alimentos: GAB , Halsey, Iglesias-Chirife (Andrade et al. 2011) y Leiva Diaz (Leiva Díaz et al., 2009) (Tabla 2).

**TABLA 2:** Modelos matemáticos aplicados a las isotermas de absorción.

Referencia	Modelo
GAB (1966)	$He = \frac{Xm * C * K * aw}{(1 - K * aw) * (1 + (C - 1) * K * aw)}$
Halsey (1948)	$He = \left( \frac{-A}{\ln aw} \right)^B$
Iglesias-Chirife (1976)	$He = A * \left( \frac{aw}{(1 - aw)} \right) + B$
Leiva Diaz (2009)	$He = C1 * e^{(C2*(aw)^{C3})}$
He (humedad en el equilibrio, kg agua / kg materia seca); Xm, C, A, B, K, C1,C2,C3 (constantes); $a_w$ (actividad acuosa)	

Los modelos fueron evaluados en términos de error estadístico por el porcentaje del error cuadrático medio el que predice las diferencias entre el contenido experimental de humedad y el predicho. El residuo arrojado (% ECM) debe ser menor al 10% para tomar el modelo como valido:

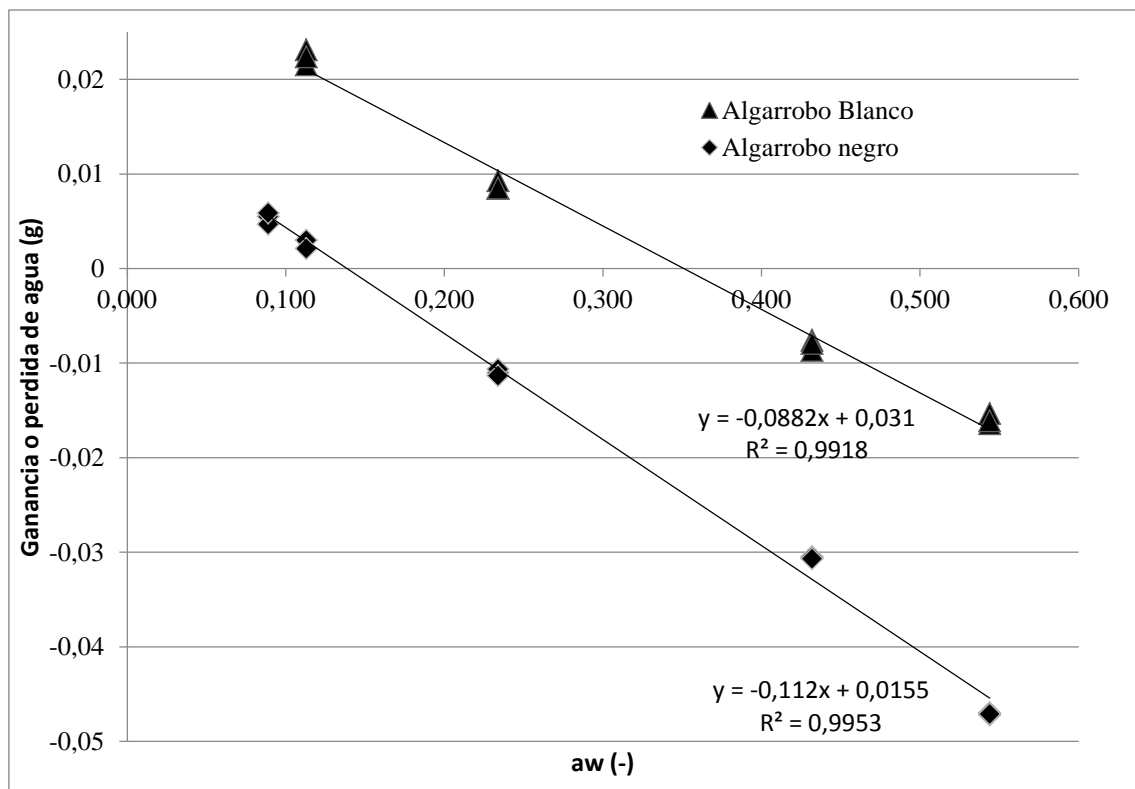
$$\% ECM = \left( \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_{exp} - M_{pre}}{M_{exp}} \right)^2} \right) * 100$$

En donde n es el número de valores del experimento,  $M_{exp}$  y  $M_{pre}$  son los valores experimentales y predichos de la humedad en el equilibrio, respectivamente. Todos los parámetros de las ecuaciones fueron obtenidos mediante la técnica de regresión no lineal utilizando el programa OriginPro 9<sup>®</sup> de OriginLab<sup>®</sup> como así también la evaluación del error cuadrático medio.

## 4. Resultados

### 4.1 Determinación de humedad y $a_w$

Los valores de humedad fueron de 0,0669 kg agua / kg materia seca para el algarrobo blanco y 0,01011 kg agua / kg de materia seca para el algarrobo negro. A partir de las ecuaciones lineales de las rectas de la Figura 1, se obtuvieron los valores de actividad acuosa a 20°C que fueron de 0,358 y 0,114 para el algarrobo blanco y negro, respectivamente.



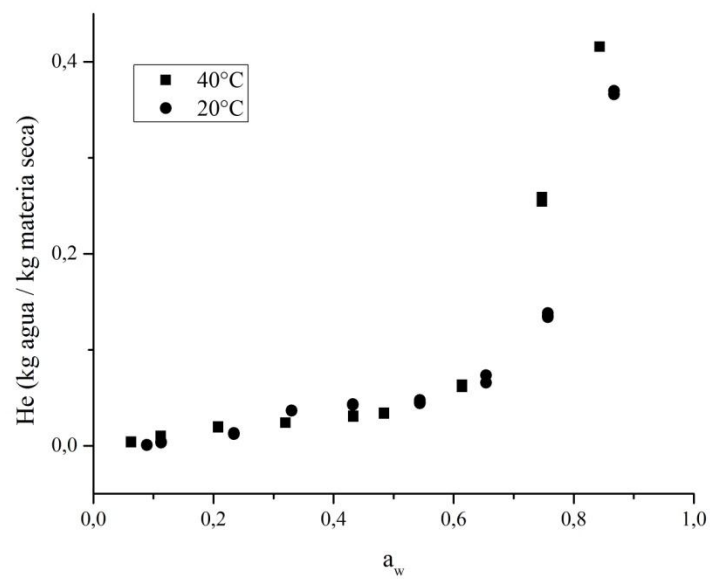
**FIGURA 1.** Pérdida/ganancia de agua en función de la actividad acuosa de las harinas.

#### 4.2 Resultados experimentales

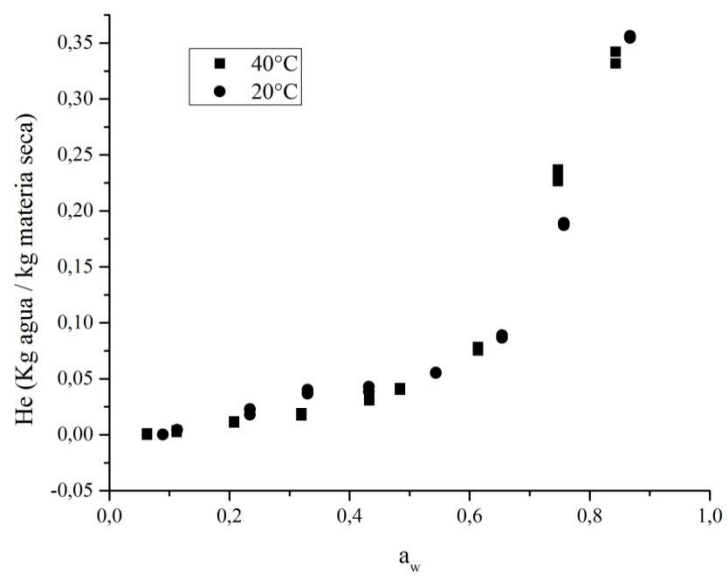
Las harinas de algarrobo llegan a la humedad de equilibrio entre los 25 y 30 días para las dos temperaturas utilizadas. Las isotermas de absorción de agua obtenidas a 20°C y a 40°C tanto para el algarrobo blanco como para el algarrobo negro, se muestran en las Figuras 2 y 3 respectivamente. Es notorio que el incremento en la humedad en el equilibrio es análogo con el incremento de la actividad acuosa, aunque para el algarrobo blanco el contenido de humedad para la misma actividad acuosa se incrementa, al contrario de lo que pasa con el algarrobo negro que decrece. Al incrementarse la actividad acuosa, las moléculas de azúcar se movilizan en la fase interna resultando en la cristalización de las mismas; luego de la cristalización resulta en un incremento en la absorción de agua ya que la interacción agua-azúcar hace que se produzca una absorción más activa (Johnson y Brennan, 2000).

#### 4.3 Modelado

En este trabajo se utilizaron los modelos de GAB, Halsey, Iglesias y Leiva Diaz, los que relacionan la actividad acuosa ( $a_w$ ) con la humedad en el equilibrio. El modelo que mejor se adapta a los puntos experimentales del algarrobo blanco a ambas temperaturas es el modelo de GAB y para el algarrobo negro es el modelo de Leiva Diaz. Para el resto de modelos, si bien los ajustes resultan satisfactorios, los dos modelos mencionados anteriormente tuvieron un mejor ajuste. En la Tabla 3 se muestran los valores de los parámetros de la ecuaciones para cada uno de los modelos.



**FIGURA 2:** Isothermas de absorción de algarrobo blanco a 20°C y 40°C



**FIGURA 3:** Isotherma de absorción algarrobo negro a 20°C y 40°C

TABLA 3: Parámetros estimados para los diferentes modelos.

Algarrobo Blanco (GAB)		
Parámetros	Temperatura °C	
	20°C	40°C
Xm	0,02	43,80
C	2,79	$8,9 \times 10^{-4}$
K	1,07	0,87
r <sup>2</sup>	0,9944	0,9689
%ECM	0,7%	2,25%
Algarrobo Negro (Leiva-Díaz)		
Parámetros	Temperatura °C	
	20°C	40°C
C1	0,01	$4,1 \times 10^{-7}$
C2	4,40	14,37
C3	1,58	0,30
r <sup>2</sup>	0,9924	0,9863
%ECM	1,00%	1,20%

## 5 Conclusión

Las curvas de absorción de las harinas se pudieron modelar matemáticamente, con menores valores de %ECM a 20°C. Los modelos de GAB y de Leiva-Díaz para las isotermas de absorción de la harina de algarrobo blanco y negro, respetivamente, resultaron ser los más indicados para describir las isotermas de absorción en un rango de temperatura entre 20 y 40°C y con valores de  $a_w$  de entre 0,06 a 0,85.

Andrade RD, Lemus R, Pérez C (2011) Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. *Vitae* 18(3):325-334

AOAC (1998) Official methods of analysis of AOAC International. In: AOAC International, Gaithersburg, Md.

Burkart A (1976) A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Part 1 - 2. *Journal of the Arnold Arboretum* 57(3):219-249 // 450-425

Felker P (2009) Unusual physiological properties of the arid adapted tree legume *Prosopis* and their applications in developing countries. In: *Perspectives in biophysical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel*. Universidad Nacional Autónoma de México pp 221-255

Felker P, Bandurski RS (1977) Protein and amino acid composition of tree legume seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28(9):791-797

Johnson P, Brennan J (2000) Moisture sorption isotherm characteristics of plantain. *Journal of Food Engineering* 44(2):79-84

Leiva Díaz E, Giannuzzi L, Giner SA (2009) Apple pectic gel produced by dehydration. *Food and Bioprocess Technology* 2(2):194-207

Rangel-Marrón M, Welti-Chanes J, Córdova-Quiroz A, Cerón-Bretón J, Anguebes-Franceschi F, Moreno-Martínez V (2010) Sorption Isotherms of Mango (*Mangifera Indica* L.) Pulp Freeze-dried. In: *Proceedings of the European conference of chemical engineering, and European conference of civil engineering, and European conference of mechanical engineering, and European conference on Control*. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), pp 114-118

## **22TCA - EFECTO DE LA PRESENCIA DE HIERRO EN LA VIABILIDAD DE *Lactobacillus casei* EN UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE CALABAZA**

**GENEVOIS, C.; DE ESCALADA PLA M.; FLORES, S.**

**Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad de Buenos Aires. Argentina.  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
[cgenevois@di.fcen.uba.ar](mailto:cgenevois@di.fcen.uba.ar)**

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la presencia de hierro sobre la viabilidad de *Lactobacillus casei* (LC) (ATCC-393) en un alimento funcional a base de calabaza (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) fortificado con hierro mediante un proceso de impregnación en seco y recubierto con cobertura comestible a base de hidroxipropil metilcelulosa (HPMC) conteniendo LC. Para ello, se evaluaron tres sistemas, A: impregnación con hierro y cobertura conteniendo LC, B: impregnación con hierro y cobertura, y C: impregnación sin hierro y cobertura conteniendo LC. El producto final presentó una  $a_w$  promedio de  $0,85 \pm 0,02$ , pH superficial de  $4,4 \pm 0,1$  y una humedad de  $27 \pm 5\%$ . El contenido de hierro total promedio en A y B fue de  $0,35 \pm 0,08$  mg/g calabaza, donde el  $56 \pm 4\%$  se encontró bioaccesible en el lumen intestinal en condiciones *in vitro* simuladas. La viabilidad de LC en el sistema C se mantuvo estable durante 21 días a  $8^\circ\text{C}$ , mientras que en el sistema A la presencia de hierro redujo significativamente el recuento a partir de los 14 días. La supervivencia a la digestión gástrica se redujo significativamente de 2 a 3 ciclos log en ambos productos a partir de los 14 días. Al final del ensayo, el recuento de células viables fue de  $5,8 \pm 0,2$  y  $8,7 \pm 0,1$  log (UFC/g calabaza) para A y C, respectivamente. Se concluyó que la presencia de hierro redujo significativamente la viabilidad de LC durante el almacenamiento, sin embargo, hasta los 14 días el producto fortificado con hierro cumplió con las exigencias del C.A.A.

### **1. Introducción**

Los microorganismos probióticos deben ser consumidos en cantidades adecuadas, y además, deben sobrevivir su pasaje a través del tracto gastro-intestinal en un número suficiente para ser capaces de proliferar, colonizar el intestino y de ese modo, proporcionar efectos benéficos a la salud del huésped. De acuerdo a la legislación local, el Código Alimentario Argentino (C.A.A.), un alimento adicionado con bacterias probióticas debe tener un recuento de células viables de  $10^6$ - $10^9$  UFC/g de alimento durante su vida útil (ANMAT, 2011). La mayor pérdida de viabilidad de las células probióticas ocurre a lo largo de todo el tracto gastro-intestinal, sin embargo, los principales factores que afectan su viabilidad son la presencia de ácido en el estómago y de bilis en el duodeno (Mainville et al., 2005).

La anemia por deficiencia de hierro es una patología que afecta tanto el desarrollo físico como intelectual de los individuos, y es considerada hasta el momento la más prevalente de las desnutriciones por carencia de nutrientes (Allen et al., 2006). En Argentina, la anemia por deficiencia de hierro es aún considerada un problema de salud pública que afecta al 34,1% de niños/as menores de 2 años (ENNyS 2004-2005). Hasta el momento, la fortificación de alimentos es considerada la práctica más sustentable y costo-efectiva a largo-plazo para prevenir desnutriciones por carencia de nutrientes (Zimmermann y



Hurrel, 2007). También existen algunos componentes de la dieta que favorecen la absorción del hierro-no hemínico, como es el caso del ácido ascórbico y los  $\beta$ -carotenos. Éstos últimos, incrementarían la absorción del hierro a través de un mecanismo que podría estar asociado a su actividad como pro-vitamina A (de Escalada Pla et al., 2009). En Argentina, el zapallo anco es uno de los vegetales más consumidos, se encuentra disponible durante todo el año, y es considerado fuente de carotenos (González et al., 2001). Recientemente, los investigadores del presente trabajo pudieron ensayar diferentes estrategias para fortificar el tejido de calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret a fin de desarrollar un alimento funcional fortificado con hierro y ácido ascórbico (Genevois et al., 2014).

La aplicación de coberturas comestibles, junto con otras tecnologías de obstáculos, son estrategias utilizadas para preservar y/o mejorar la vida útil de los alimentos. Recientemente, se ha demostrado que su aplicación en frutas y vegetales mejora la retención de color y sabor durante el almacenamiento (De Nobili et al., 2013).

La utilización y aplicación de la celulosa como cobertura comestible se encuentra limitada por su insolubilidad en agua y por su estructura asociada altamente cristalina. Sin embargo, algunos derivados de la celulosa de uso comercial como la HPMC podrían superar estas limitaciones (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2009). Actualmente, la utilización de derivados de celulosa está principalmente orientada a la investigación en la industria farmacéutica, por lo tanto, podría ser considerado como una oportunidad de mercado para el desarrollo e innovación de alimentos funcionales (Klayraung et al., 2009).

## **2. Objetivos**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la presencia de hierro sobre la viabilidad de LC en un alimento funcional a base de calabaza (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) fortificado con hierro mediante un proceso de impregnación en seco y recubierto con cobertura comestible a base de HPMC conteniendo LC.

## **3. Metodología**

Para la preparación de los sistemas se utilizaron calabazas *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret adquiridas en el mercado local. Brevemente, se cortaron cilindros de mesocarpio de 10 mm de espesor por 29 mm de diámetro mediante un sacabocados, luego se escaldaron durante 7 minutos, seguido de una etapa de enfriamiento por inmersión en agua a 0°C. Seguidamente, se realizó la impregnación en seco con glucosa, sacarosa, ácido cítrico, sorbato de potasio, y  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  durante 48 h a 18°C con agitación orbital a 45 rpm, de acuerdo a la metodología descrita por Genevois et al. (2014). De igual forma, se llevó a cabo un lote sin el agregado de hierro en la impregnación. Luego de alcanzar el equilibrio, las calabazas fueron escurridas y recubiertas con la cobertura comestible.

Para la preparación de los recubrimientos se utilizó HPMC (Methocel<sup>®</sup> E4M, Dow Chemical, USA) (28-30% de grupos metoxilo) 1,6% p/p, glicerol 0,5% p/p, sorbato de potasio 0,03% p/p (Aldrich Sigma, USA), y agua destilada como solvente.

Se formularon tres diferentes sistemas, A: impregnación con hierro y cobertura HPMC conteniendo LC, B: impregnación con hierro y cobertura HPMC, C: impregnación sin hierro y cobertura HPMC conteniendo LC.

La cepa comercial de *Lactobacillus casei* (ATCC-393) fue obtenida a través de Microbiologics<sup>®</sup> (USA) y activada según el protocolo sugerido. Para vehiculizar la bacteria probiótica en el recubrimiento, se prepararon inóculos de LC en caldo MRS

estéril (Biokar diagnostics, Francia), seguido de incubación durante 18-20 h a 37°C con agitación orbital a 45 rpm (Vicking Shaker Pro, Argentina). Luego, se centrifugó (Eppendorf 5804 R, Alemania) durante 20 minutos a 10.000 rpm, seguido de dos lavados con solución fisiológica estéril. Una vez obtenido el pellet, el mismo se re-suspendió en solución fisiológica estéril y se incorporó a la cobertura comestible de HPMC, previamente autoclavada, obteniéndose una concentración final promedio de LC de  $10,1 \pm 0,1$  log (UFC/mL).

Los cilindros de calabaza fueron sumergidos en las correspondientes soluciones de cobertura durante 1 minuto y luego escurridos.

Todos los sistemas fueron secados en corriente convectiva a 46°C durante 4 h, y almacenados en bolsas de polietileno con cierre fácil tipo Ziploc® a 8°C durante 21 días. A los días 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento se realizaron las siguientes determinaciones:

- **Actividad de agua ( $a_w$ ):** mediante un higrómetro marca Aqualab Serie 3 (Washington, USA) a 25°C.
- **pH:** utilizando un electrodo de superficie combinado de vidrio Ag<sup>o</sup>/ AgCl conectado a un pH metro (Cole-Parmer, USA).
- **Humedad:** se determinó con un analizador de humedad (Ohaus MB-45, Suiza) utilizando un perfil de tiempo de secado de 5 minutos a 130°C seguido de una etapa de secado a 105°C hasta obtener una pérdida de humedad menor a 1 mg en 30 segundos. Los resultados se expresaron en % de humedad en base húmeda y todas las determinaciones se realizaron por duplicado en cada uno de los sistemas estudiados, informando en los resultados el valor promedio  $\pm$  desvío estándar (DE).
- **Viabilidad de LC:** el recuento de células viables probióticas se realizó por duplicado en cada uno de los sistemas. En una primera dilución, cuatro gramos de cada sistema fueron colocados en bolsas estériles y homogeneizados en un equipo tipo Stomacher® con agua peptona estéril 0.1% (p/v) (Biokar Diagnostics, Francia) durante 2 min a 35 rpm. El número de LC viables fue determinado mediante el recuento en profundidad de diluciones seriadas en placas con agar MRS (Biokar diagnostics, Francia). Las placas fueron incubadas a 37°C durante 72 h en condiciones aeróbicas. Los resultados se expresaron como log (UFC/g calabaza seca), informando el valor promedio  $\pm$  DE de las determinaciones.
- **Simulación de la digestión gastrointestinal (DGI):** se realizó de acuerdo a los procedimientos reportados por Guergoletto et al. (2010), y Hur et al. (2011), con leves modificaciones. Brevemente, cuatro gramos de muestra se mezclaron con solución de saliva artificial [ $\text{NaCl}$  (6,2 g L<sup>-1</sup>);  $\text{KCl}$  (2,2 g L<sup>-1</sup>);  $\text{CaCl}_2$  (0,22 g L<sup>-1</sup>);  $\text{NaHCO}_3$  (1.2 g L<sup>-1</sup>)] agitándose durante 2 minutos a velocidad máxima en vortex (MSI minishaker IKA®, Alemania). La solución de la digestión gástrica se realizó disolviendo pepsina gástrica (0,3%, 0,7 g/mol, Merck, Alemania) en HCl 0,02 N. Las muestras se almacenaron en incubadora (I-290, INGELAB, Argentina) a 37°C durante 2 h con agitación a 120 rpm. Finalizada la etapa gástrica, se procedió a ajustar el pH con NaOH 2M hasta ~7,5 para luego agregar la solución de pancreatina 0,3% y sales biliares 0,6% (Parafarm, Argentina) en una solución de  $\text{NaHCO}_3$  1N (pH~8,2) (Merck, Alemania) (Hue et al., 2011). Las muestras se almacenaron en incubadora a 37°C durante 2 h con agitación a 120 rpm.

Las DGI se realizaron por duplicado para cada sistema, y al final de cada etapa se determinó la viabilidad de LC y la supervivencia, informando el valor promedio  $\pm$  DE.

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\log \text{UFC/g calabaza al final de la digestión}}{\log \text{UFC/g calabaza antes de la digestión}} \times 100 \quad (1)$$

- **Contenido de hierro total y bioaccesible:** se determinó al inicio del almacenamiento y luego de la DGI de cada sistema tanto en el sobrenadante como en el residuo mediante colorimetría (AOAC, 1990), y utilizando un espectrofotómetro (Shimadzu, Japón) a una longitud de onda de 510 nm. El sobrenadante fue separado del residuo mediante filtración a través de papel de celulosa (libre de cenizas). El residuo se incineró en una mufla a 600°C durante 12 h, una vez obtenida la ceniza, ésta se re-suspendió siguiendo la metodología descripta por la AOAC. La bioaccesibilidad porcentual fue calculada como:

$$\text{Fe bioaccesible} = \frac{\text{Fe}_{\text{intestinal}}}{\text{Fe}_{\text{intestinal}} + \text{Fe}_{\text{residuo}}} \times 100 \quad (2)$$

Donde Fe<sub>intestinal</sub>: mg de hierro/g de calabaza seca determinados en el sobrenadante de la DGI.

Fe<sub>residuo</sub>: mg de hierro/g de calabaza seca determinados en las cenizas obtenidas a partir del residuo de la DGI.

Se informó el valor promedio  $\pm$  DE del cuadruplicado de las determinaciones.

#### Análisis estadístico

Para establecer diferencias significativas entre las muestras, se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA,  $\alpha$ :0,05) seguido por una prueba de múltiples rangos con un test de Fisher (LSD), utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XV (versión 15.2.06 StatPoint, Inc. 2007, USA).

#### 4. Resultados

Los sistemas obtenidos no presentaron diferencias significativas en cuanto a la  $a_w$  y el pH, siendo la  $a_w$  promedio durante el período de almacenamiento de  $0,85 \pm 0,02$ , y el pH superficial promedio de  $4,40 \pm 0,03$ . Las bacterias ácido lácticas se caracterizan por metabolizar los azúcares presentes y producir ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, que reducen el pH del medio. En este caso, no se observaron cambios durante el almacenamiento en el pH superficial, lo cual podría deberse a una reducción de la actividad metabólica debido a la inmovilización del probiótico en la matriz biopolimérica.

La humedad porcentual promedio para todos los sistemas durante el almacenamiento fue de  $27 \pm 5\%$ .

El contenido de hierro total promedio de los sistemas fortificados (A y B) fue de  $0,35 \pm 0,08$  mg de hierro/g calabaza seca, donde el  $56 \pm 4\%$  se encontró bioaccesible en el lumen intestinal en condiciones *in vitro* simuladas.

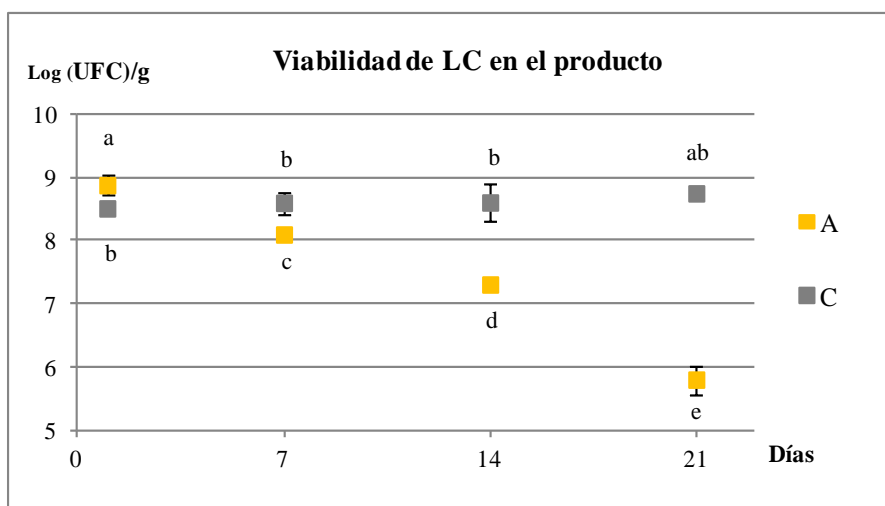
La primera etapa hacia la biodisponibilidad del mineral comprende la solubilidad en el tracto intestinal, es decir la bioaccesibilidad. La eficacia del mineral fortificante, para resultar bioaccesible, dependerá del inter juego entre factores de promoción (ácidos orgánicos) y factores de inhibición (calcio, caseína y polifenoles) (Cilla et al., 2009).

La viabilidad de LC no presentó diferencias significativas durante el almacenamiento en el producto sin fortificar y recubierto con cobertura conteniendo LC (sistema C), manteniéndose un recuento de  $\sim 5 \times 10^8$  UFC/g calabaza. Mientras que el sistema fortificado con hierro y cobertura con LC, presentó una reducción significativa de la viabilidad a partir de los 7 días de almacenamiento (**Figura 1**). Esta reducción, podría estar asociada, en parte, a un efecto tóxico por la presencia de hierro, posiblemente debido a la difusión del mismo hacia la cobertura.

Tapia et al. (2007), reportaron que la presencia de probióticos en coberturas a base de alginato y gelano aplicado en frutas mínimamente procesadas, produciría un incremento

de los espacios entre las cadenas poliméricas, aumentando de esta forma la difusividad a través de la cobertura y acelerando la transmisión de agua. De esta forma, se podría sugerir que un incremento en la movilidad de la matriz biopolimérica facilitaría la difusión del hierro en la cobertura y aceleraría la pérdida de viabilidad de LC.

Al final del ensayo, el recuento de células viables fue de  $5,8 \pm 0,2$  y  $8,7 \pm 0,1$  log (UFC/g calabaza) para A y C, respectivamente (**Figura 1**).

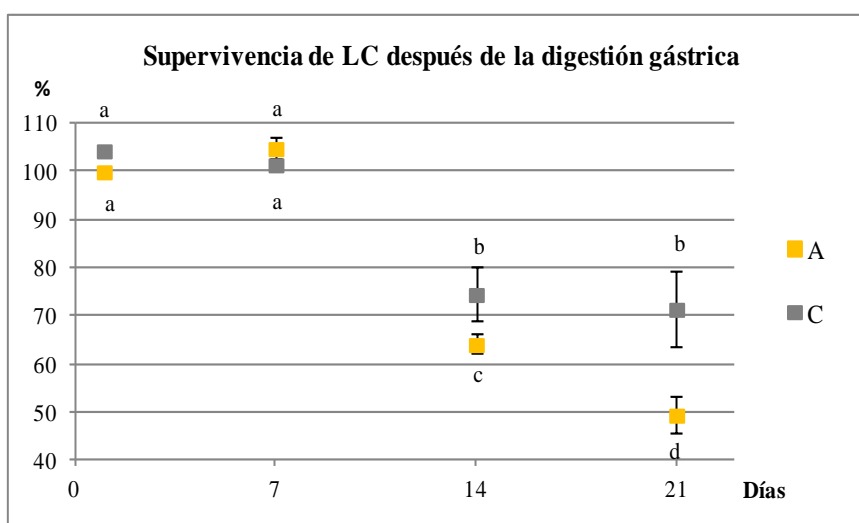


Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas y durante el almacenamiento.

**Figura 1.** Viabilidad de LC en el sistema A (calabaza con hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) y C (calabaza sin hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) durante el almacenamiento.

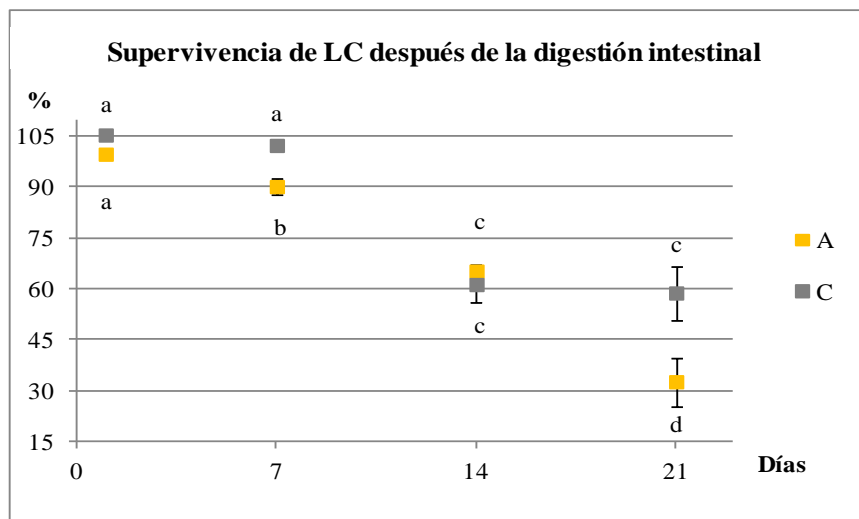
Se pudo observar que la supervivencia a la digestión gástrica en condiciones simuladas *in vitro* se redujo significativamente de 2 a 3 ciclos log a partir de los 14 días en el sistema A y C. A dicho tiempo, el sistema A presentó una supervivencia de  $64 \pm 2\%$  respecto a la carga probiótica original del producto, siendo este valor significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que en el sistema C que mostró un valor de  $75 \pm 6\%$  (**Figura 2**).

La supervivencia a la digestión intestinal en condiciones simuladas *in vitro* mostró una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) a partir de los 7 días de almacenamiento en el sistema A, mientras que en el sistema C ocurrió a partir de los 14 días. A los 21 días, el porcentaje de supervivencia de LC fue de  $33 \pm 7$  y  $59 \pm 8$  en A y C, respectivamente (**Figura 3**).



Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas y durante el almacenamiento.

**Figura 2.** Supervivencia de LC en el sistema A (calabaza con hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) y C (calabaza sin hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) después de la digestión gástrica y durante el almacenamiento.



**Figura 3.** Supervivencia de LC en el sistema A (calabaza con hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) y C (calabaza sin hierro, recubierto con cobertura conteniendo LC) después de la digestión intestinal y durante el almacenamiento.

## 5. Conclusiones

El presente trabajo demostró que, si bien la presencia de hierro reduce significativamente la viabilidad de LC durante el almacenamiento, el producto fortificado con hierro almacenado a 8°C durante 14 días cumple con las exigencias del C.A.A. De esta forma, cada gramo de calabaza fortificada con hierro y recubierta con cobertura comestible a base de HPMC conteniendo probióticos aporta  $0,35 \pm 0,08$  mg de hierro/g producto y una carga viable de LC de  $7,31 \pm 0,07$  log (UFC)/g producto.

## 6. Bibliografía

- Allen L.; Benoist B.; Dary O.; Hurrell R. (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, pag 3-122.
- Cilla A.; García-Nebot M.A.; Perales S.; Lagarda M. J.; Barbera R.; Farré R. (2009). *In vitro* bioaccessibility of iron and zinc in fortified fruit beverages. International Journal of Food Science and Technology, 44: 1088-1092.
- Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS) (2004-2005). Argentina.
- ANMAT (2011). Resolución conjunta 261/211-22/2011.
- De'Nobili MD.; Curto L.M.; Delfino J.M.; Soria M.; Fissore E.N.; Rojas A.M. (2013). Performance of alginate films for retention of L-(+)-ascorbic acid. International Journal of Pharmaceutics, 450: 95-103.
- de Escalada Pla M.F.; Campos C.; Gerchenson L. (2009). Pumpkin (*Curcubita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. Journal of Food Engineering, 92: 361-369.

- Genevois C.; Flores S.; de Escalada Pla M. (2014). Effect of iron and ascorbic acid addition on dry infusion process and final color of pumpkin tissue. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2): 563-570.
- González E.; Montenegro M.A.; Nazareno M.A.; López de Mishima B.A. (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(4): 395-399.
- Guergoletto K.B.; Magnani M.; San Martín J.; Tardeli de Jesús Andrade C.G.; García S. (2010). Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. *Innovated Food Science and Emerging Technologies*, 11: 415-421.
- Hur S.J.; Lim B.O.; Decker E.A.; McClements D.J. (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125: 1–12.
- Klayraung S.; Viernstein H.; Okonogi S. (2009). Development of tablets containing probiotics: Effects of formulation and processing parameters on bacterial viability. *International Journal of Pharmaceutics*, 370: 54–60
- Mainville Y.; Arcand E.R.; Farnworth. (2005). A dynamic model that simulates the human upper gastrointestinal tract for the study of probiotics. *International Journal of Food Microbiology* 99, 287-296.
- Official Methods of Analysis (AOAC) (1990). Iron in Plants: colorimetric Method. Section 937.03. Pag. 46.
- Olivas G.I.; Barbosa-Cáneas G. (2009). Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. En: Embuscado ME, Huber KC editores. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. New York: Springer. Pag 211-243.
- Tapia M.S.; Rojas-Graü M.A.; Rodríguez F.J.; Ramírez J.; Carmona A.; Martín-Belloso O. (2007). Alginate- and Gellan-Based Edible Films for Probiotic Coatings on Fresh-Cut Fruits. *Journal of Food Science*, 72(4): 190–196.
- Zimmermann M.; Hurrell RF. (2007). Nutritional iron deficiency. *The Lancet*, 370: 511–20.
- Agradecimientos:** Agradecimientos por el soporte financiero brindado a UBACYT GEF 2012-2014 (20020110200192) y al CONICET.

**23TCA - RESIDUOS DE CALABAZA (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret)  
COMO SOPORTE DE *Lactobacillus casei***

**GENEVOIS, C.; FLORES, S; DE ESCALADA PLA M.**

**Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad de Buenos Aires. Argentina.  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
[cgenevois@di.fcen.uba.ar](mailto:cgenevois@di.fcen.uba.ar)**

**Resumen**

La calabaza *Cucurbita moschata* o Butternut, es un vegetal que se cultiva en todo el país y a lo largo de todo el año, y su manejo poscosecha tiene gran importancia debido a las grandes pérdidas que se generan. A partir de ello, la transformación de residuos o subproductos vegetales en compuestos de mayor valor empleando microorganismos es una tarea aún pendiente. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la supervivencia de *Lactobacillus casei* (LC) (ATCC-393) vehiculizado en un ingrediente funcional a base de subproductos de calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret, a las condiciones de proceso y almacenamiento, y estudiar el efecto de su presencia sobre la funcionalidad de la fibra dietaria procedente del tejido. Durante el almacenamiento, se determinó la viabilidad de LC, y al final del mismo la capacidad de hidratación (WHC), retención de agua (WRC) y absorción de agua (OHC), y el contenido de residuo insoluble en alcohol (AIR). Se observó que la viabilidad de LC disminuyó significativamente a partir de los 21 días cuando estuvo almacenado a 8°C, y a partir de los 35 días a 22°C. Las propiedades de hidratación no fueron afectadas por la presencia del probiótico, mientras que la OHC se redujo leve pero significativamente en el sistema con LC almacenado a 22°C. El almacenamiento a 8°C incrementó significativamente la WRC y OHC. Todos los sistemas presentaron un contenido de AIR mayor al 50%. Se concluyó que la presencia de LC no afectó la funcionalidad de la fibra dietaria contenida en el producto, mientras que la temperatura de almacenamiento afectó la supervivencia de LC, la WRC y la OHC.

**7. Introducción**

Los procesos industriales como la elaboración de sopas y caldos instantáneos, o la producción de conservas suelen generar gran cantidad de residuos sólidos que se destinan generalmente a la alimentación de ganado o como abonos orgánicos. En cuanto a la calabaza *Cucurbita moschata* o Butternut, que se cultiva en todo el país y a lo largo de todo el año, incluso su manejo poscosecha es importante debido a que las pérdidas pueden llegar al 100% del cultivo por problemas de daño mecánico, pudrición y/o deshidratación (USAID, 2006). Trabajos previos, realizados por los integrantes del presente trabajo, han caracterizado y estudiado ampliamente este tejido, y buscado formas de aprovechar la cáscara y partes de la calabaza no utilizadas en los procesos involucrados, para la elaboración de fibra dietaria de buena funcionalidad (de Escalada Pla et al., 2007; 2013). Sin embargo, queda el desafío pendiente de agregarle mayor valor a estos residuos o subproductos de calabaza empleando microorganismos probióticos.

De acuerdo a la FAO/WHO (2002), las bacterias probióticas son microorganismos vivos que administrados en cantidades adecuadas a un huésped le confieren beneficios a

la salud. Múltiples estudios han descripto sus beneficios en infecciones gastrointestinales, enfermedades inflamatorias intestinales, metabolismo de la lactosa, disminución del colesterol en plasma, estimulación del sistema inmune, propiedades anti-mutagénicas y anti-carcinogénicas, actividad antimicrobiana, y supresión de infección por *Helicobacter pylori* (Pereira et al., 2011, do Espirito Santo et al., 2011).

Hasta el momento, existe poca información sobre el efecto de la adición de probióticos a matrices vegetales para el desarrollo de productos que puedan ser consumidos por individuos con dislipemias, intolerancia a la lactosa, o vegetarianos (Martins et al., 2013). Entre las matrices más estudiadas se encuentran los jugos a base de fruta, frutas o vegetales mínimamente procesados, snacks, y bebidas a base de cereales (Martins et al., 2013; Guergoletto et al., 2010; Pereira et al., 2011).

Por otra parte, los métodos de preservación afectan la viabilidad de los microorganismos probióticos, por lo tanto, es necesario optimizar los procesos a fin de garantizar durante la vida útil del producto una carga de células viables entre  $10^6$  y  $10^9$  UFC/g de alimento con el objetivo de cumplir con la legislación local (ANMAT, 2011; Saad et al., 2013)

## 8. Objetivos

- Analizar la supervivencia a las condiciones de proceso y almacenamiento de LC vehiculizado en un ingrediente funcional a base de cáscara y pulpa de calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret.
- Estudiar el efecto de la presencia de LC sobre la funcionalidad de la fibra dietaria procedente del residuo.

## 9. Metodología

Para la preparación del ingrediente funcional a base de pulpa y cáscara de calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret se utilizó 10 gramos de calabaza previamente deshidratada en un frasco de 500 mL, se adicionó agua y se esterilizó a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. Se formularon 2 sistemas diferentes, que fueron inoculados con una suspensión de LC en caldo MRS seguido de incubación a  $37^{\circ}\text{C}$  con agitación durante 24h. De igual forma, se llevaron a cabo dos sistemas control sin la adición de LC. Finalmente, todos los sistemas fueron secados al vacío durante 24 h y almacenados tanto a  $8^{\circ}\text{C}$  como a  $22^{\circ}\text{C}$  durante 35 días.

Durante el período de almacenamiento se determinó la viabilidad de LC y al final del mismo se determinó el AIR, WHC, WRC y OHC.

▪ **Viabilidad de LC:** el recuento de células viables de LC fue realizado después del tratamiento de secado al vacío, y durante los 35 días de almacenamiento con el objetivo de controlar la concentración de células viables, y de este modo garantizar un valor superior al mínimo recomendado por el C.A.A. Para ello, se realizaron diluciones seriadas por duplicado de 1 g de muestra en 9 ml de agua peptona estéril 0.1% (p/v) (Biokar Diagnostics, Francia). 100  $\mu\text{L}$  de las diluciones seleccionadas fueron sembrados sobre placas con agar MRS (Biokar diagnostics, Francia) e incubadas a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 72 h en condiciones aeróbicas. Los resultados fueron expresados como log (UFC/g calabaza seca), informando el valor promedio  $\pm$  desvío estándar (DE) de las determinaciones.

La viabilidad celular se expreso como  $L/L_0$  a través del cociente entre el recuento de LC final e inicial:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{\log \text{UFC g}^{-1} \text{calabaza final}}{\log \text{UFC g}^{-1} \text{calabaza inicial}} \quad (1)$$



- **Obtención del AIR:** se realizó de acuerdo con la metodología explicada por Escalada Pla et al., 2010. Brevemente,  $\approx 2$  g del ingrediente funcional en polvo se mezcló con 70 ml de solución de etanol al 80% v/v y se llevó a ebullición durante 30 min sobre platina calefactora con agitación constante. Luego, la suspensión se filtró y el solvente se descartó. Este mismo procedimiento se volvió a repetir pero con un tiempo de ebullición de 15 minutos. Una vez obtenido el residuo insoluble, éste se mezcló con 50 mL de solución de etanol al 80% v/v y se llevó a ebullición durante 15 minutos. La suspensión se filtró para separar el residuo insoluble y descartar el solvente. Este mismo procedimiento se llevó a cabo 2 veces. Finalmente, el residuo insoluble se lavó con 20 mL de solución de etanol 80% v/v y luego con 20 mL de solución de etanol 96% v/v. El material se dejó bajo campana durante toda la noche para la eliminación del etanol y luego fue liofilizado durante 48 h.
- **WHC:** aproximadamente  $\approx 0,0500$  g de peso de cada sistema se colocaron en tubos de vidrio con escala volumétrica y de fondo cónico. Se agregaron 1,25 ml de agua destilada y se lo dejó hidratar durante 18 horas a una temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$ . Se dejó decantar, se separó el sobrenadante y se transfirió la muestra a un filtro de vidrio fritado (G4 IVA), previamente pesado, dejándola escurrir a presión atmosférica. Se registró el peso del residuo hidratado y se lo liofilizó durante 48 h para finalmente obtener el peso del residuo seco.

$$\text{WHC} \left( \frac{\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{m_h - m_s}{m_s} \quad (2)$$

Donde  $m_h$  es el peso del residuo hidratado y  $m_s$  es el peso del residuo seco.

- **WRC:** aproximadamente  $\approx 0,0500$  g de peso de cada sistema se colocaron en un tubo Eppendorf de 2,5 mL. Las muestras se hidrataron con 2 mL de agua destilada y se almacenaron a temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$  durante 18h. Luego, todos los sistemas fueron centrifugados durante 30 minutos a 4800 rpm. Se separó el sobrenadante y se pesó el pellet húmedo (W), y luego se liofilizó durante 48 h. Finalmente, se pesó el residuo seco (R) y se calculó la WHC:

$$\text{WRC} \left( \frac{\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{W - R}{R} \quad (3)$$

Donde, W representa el peso del residuo hidratado, y R es el peso del residuo seco.

- **OHC:** la capacidad de absorción de aceite se midió mezclando en un tubo Eppendorf 2,5 mL,  $\approx 0,2000$  g de muestra de cada sistema con 1 ml de aceite de girasol comercial. Se almacenaron a temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$  durante 18 h, y luego fueron centrifugados durante 5 minutos a 3600 rpm. Finalmente, se descartó el sobrenadante, se pesó el pellet (R) y se calculó la OHC como los gramos de aceite retenido por gramo de muestra:

$$\text{OHC} \left( \frac{\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{(R - m)}{m} \quad (4)$$

Donde m: masa de muestra pesada en el tubo Eppendorf.  
Tanto la obtención de AIR, como la determinación de la WHC, WRC y OHC se realizaron por duplicado para cada sistema, informando en los resultados el valor promedio  $\pm$  DE de las determinaciones.

#### ▪ Microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM)

La presencia de LC se confirmó por ESEM. Donde las muestras de calabaza deshidratada al vacío con LC fueron metalizadas con una cobertura de oro y examinadas en un microscopio electrónico de barrido ambiental (XL-30 ESEM, Philips, Holanda), con una aceleración de voltaje de 20 kV y en modo bajo vacío. Se trabajó con magnificaciones hasta 6500x.

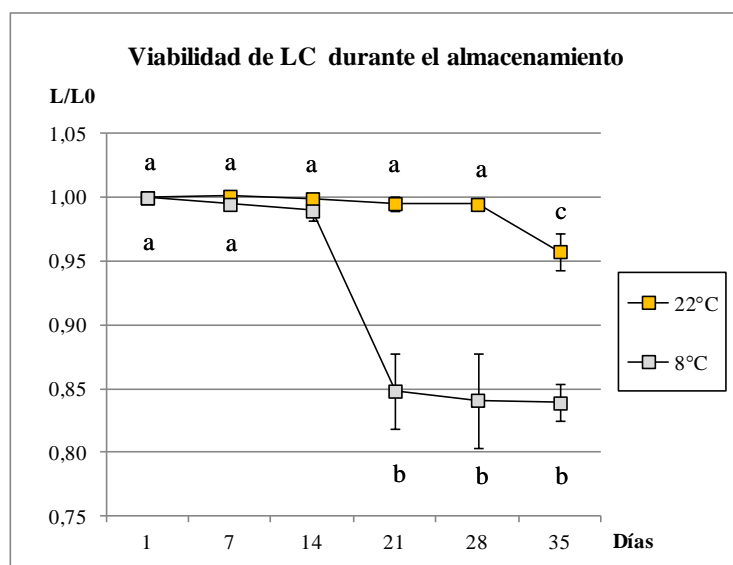
#### Análisis estadístico

Para establecer diferencias significativas entre las muestras, se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA,  $\alpha:0,05$ ) seguido por una prueba de múltiples rangos con un test de Fisher (LSD), utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XV (versión 15.2.06 StatPoint, Inc. 2007, USA).

### 10. Resultados

Como se puede observar en la **Figura 1**, la viabilidad de LC disminuyó significativamente a partir de los 21 días cuando estuvo almacenado a 8°C, y a partir de los 35 días a 22°C. Reale et al., 2015, quienes estudiaron la tolerancia de bacterias ácido lácticas a diferentes factores de estrés durante el procesamiento de alimentos, reportaron que la capacidad de crecimiento de algunas cepas probióticas, entre ellas el LC, podrían verse afectada cuando son sometidas a temperaturas de refrigeración.

Al final del almacenamiento, el sistema almacenado a 22°C presentó un recuento de LC de  $7,33 \pm 0,11$  log (UFC/g calabaza), mientras que el sistema almacenado a 8°C mostró un recuento de  $6,61 \pm 0,04$  log (UFC/g calabaza).



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre sistemas y durante el almacenamiento.

**Figura 1.** Viabilidad de LC en el sistema almacenado a 22°C y 8°C durante el almacenamiento.

Las propiedades funcionales de concentrados de fibra influyen en el comportamiento de los ingredientes funcionales alimenticios.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las propiedades de hidratación no fueron afectadas por la presencia del probiótico, mientras que la OHC se redujo leve pero significativamente en el sistema con LC almacenado a 22°C. El almacenamiento a 8°C incrementó significativamente la WRC y OHC. Todos los sistemas presentaron un contenido de AIR mayor al 50%, lo que representa que la mayor parte de la muestra está compuesta por material proveniente de paredes celulares.

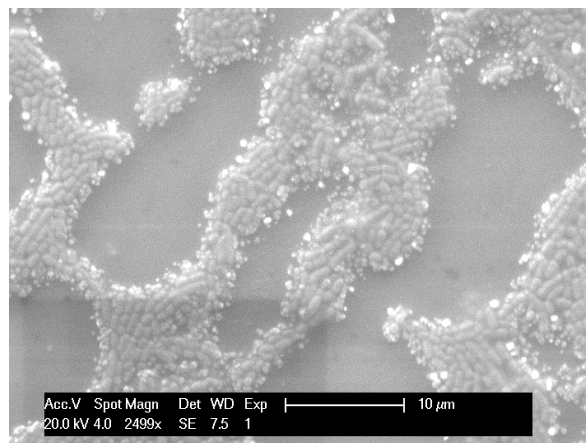
**Tabla 1.** Valores de AIR, WHC, WRC y OHC en el ingrediente funcional almacenado a 22°C y 8°C y sus respectivos sistemas controles.

SISTEMAS	AIR	WHC	WRC	OHC
Control 22°C	52±1 <sup>a</sup>	23±1 <sup>a</sup>	17,9±0,6 <sup>a</sup>	5,0±0,2 <sup>a</sup>
Inoculado 22°C	54±4 <sup>a</sup>	23±2 <sup>a</sup>	18±1 <sup>a</sup>	4,55±0,06 <sup>b</sup>
Control 8°C	54±2 <sup>a</sup>	26±2 <sup>a</sup>	21±1 <sup>b</sup>	5,4±0,1 <sup>a</sup>
Inoculado 8°C	56±4 <sup>a</sup>	23±1 <sup>a</sup>	20±1 <sup>b</sup>	5,45±0,06 <sup>a</sup>

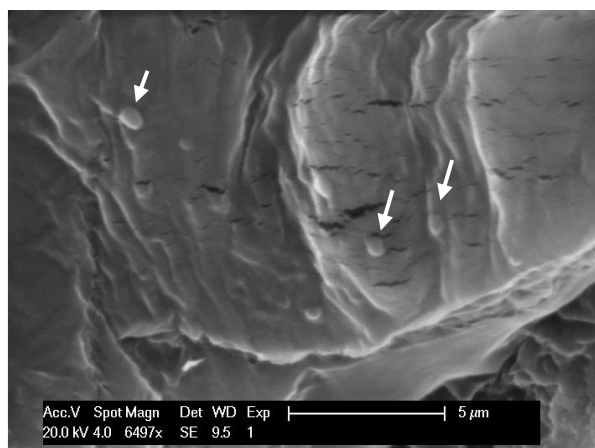
Letras iguales indican ausencia de diferencia significativa entre los distintos sistemas estudiados ( $p>0,05$ ).

En la **Figura 2 y 3** se observan las imágenes microscópicas de las células de LC libres y en la matriz de calabaza con LC almacenada a 22°C luego de 35 días de almacenamiento, respectivamente. Las observaciones a través de ESEM confirmaron la adherencia de LC a la matriz vegetal así como también la ausencia de cambios morfológicos en las células después del tratamiento de secado al vacío.

Imágenes similares fueron observadas por Kourkoutas et al., 2005, y Guergoleto et al., 2010.



**Figura 1.** ESEM de células de LC libres (magnificación 2499x).



**Figura 2.** ESEM de células de LC adheridas a la matriz de calabaza almacenada a 22°C luego de 35 días de almacenamiento (magnificación 6497x).

## 11. Conclusiones

Se concluyó que la presencia de LC no afectó la funcionalidad de la fibra dietaria contenida en el producto, mientras que la temperatura de almacenamiento afectó la supervivencia de LC, la WRC y la OHC.

## 12. Bibliografía

- ANMAT. (2011). Resolución conjunta 261/211-22/2011.
- de Escalada Pla M.F.; Ponce N.M.; Stortz C.A.; Gerschenson L.N.; Rojas A.M. (2007). Composition and functional properties of enriched fibre products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *LWT, Food Science and Technology*, 40: 1176–1185
- de Escalada Pla M.F.; Rojas A.M.; Gerschenson L.N. (2013). Effect of butternut (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) fibres on bread making, quality and staling. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 828-838
- do Espirito Santo A.P.; Perego P.; Converti A.; Oliveira M.N. (2011). Influence of food matrices on probiotic viability. A review focusing on the fruity bases. *Trends in Food Science and Technology*, 22: 377-385.
- FAO/WHO (2002). Guidelines for evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada, pag. 1-11.
- Kourkoutas Y.; Xolias V.; Kallis M.; Bezirtzoglou E.; Kanellaki M. (2005). *Lactobacillus casei* cell immobilization on fruit pieces for probiotic additive, fermented milk and lactic acid production. *Process Biochemistry*, 40: 411-416.
- Pereira A.L.; Maciel T.; Rodrigues S. (2011). Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. *Food Research International*, 44: 1276-1283.
- Guergoletto K.B.; Magnani M.; San Martín J.; Tardeli de Jesús Andrade C.G.; García S. (2010). Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. *Innovated Food Science and Emerging Technologies*, 11: 415-421.
- Martins E.F.; Mota Ramos A.; Silva Lago Vanzela E.; Stringheta P.C.; de Oliveira Pinto C.L.; Martins J.M. (2013). Products of vegetable origin: a new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International*, 51: 764-770.
- Reale A.; Di Renzo T.; Rossi F.; Zotta T.; Iacumin L.; Preziuso M.; Parente E.; Sorrentino E.; Coppola R. (2015). Tolerance of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus rhamnosus* strains to stress factors encountered in food

processing and in the gastro-intestinal tract. LWT - Food Science and Technology, 60: 721-728.

Saad N.; Delattre C.; Urdaci M.; Schmitter J.M.; Bressollier P. (2013). An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. LWT - Food Science and Technology, 50: 1-16.

USAID. (2006). Boletín técnico de poscosecha: Manejo poscosecha de calabaza. USAID-RED. Oficina FHIA, La Lima, Cortes, Honduras. Pag. 3.

### **Agradecimientos**

Agradecimientos por el soporte financiero brindado a UBACYT GEF 2012-2014 (20020110200192) y al CONICET.

## **24TCA - RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE QUITOSANO PARA PROLONGAR LA VIDA POSCOSECHA DE KUMQUATS (*Fortunella Spp*)**

**LARE, M. V; BORDAGARAY, V. C.; BOF, M. J.; SUAREZ, G.; ZAMBON, Y. M.; RODRIGUEZ MATTIASSI, A.; LOCASO, D. E.**

**Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450-(3200) Concordia, Entre Ríos. Argentina**

**E-Mail: [larem@fcal.uner.edu.ar](mailto:larem@fcal.uner.edu.ar)**

### **Resumen**

Las kumquats (*Fortunella spp.*) son las frutas más pequeñas de los cítricos verdaderos de las familias de las Rutáceas. Esta fruta tiene una corta vida postcosecha debido principalmente a su alta tasa respiratoria y a que es muy susceptible al ataque de mohos. Como el consumo de la fruta es íntegro no es posible la aplicación de fungicidas sintéticos, lo cual lleva a la búsqueda de alternativas sostenibles. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un recubrimiento comestible a base de quitosano (biopolímero con actividad antimicrobiana) para aumentar la vida postcosecha de kumquats. Se evaluaron tres tratamientos, quitosano al 1% (Q1), quitosano al 2% (Q2) e inmersión en bicarbonato de sodio al 1% (C), utilizado actualmente en el industria. Como testigo (T) fruta sin tratamiento. Se utilizaron dos metodologías de aplicación del recubrimiento: a) inmersión b) aspersión mediante aire comprimido. Se seleccionó la metodología de aspersión por mostrar una mayor velocidad de secado y observarse que el recubrimiento presenta homogeneidad en la superficie de la fruta. Luego de 21 días de almacenamiento a 5°C se evaluó y comparó la calidad de los frutos, teniendo en cuenta el índice de madurez (sólidos solubles/acidez titulable), el color superficial en la escala CIELab determinado con colorímetro Minolta CR-300, pérdida de peso (%PP), firmeza (F) realizada mediante texturómetro TA.XT2i-Stable Micro Systems y la tasa respiratoria a 20°C obtenida mediante un método estático cerrado, utilizando el equipo CheckMate3 PDI-Dansensor. Además se evaluó la capacidad antimicrobiana preventiva del recubrimiento, mediante incubación en estufa 21°C, y capacidad curativa, mediante incubación de frutas inoculadas con 10<sup>6</sup> UFC/ml de una cepa de *Penicillium digitatum* a 25°C en cámara húmeda. El índice de madurez presentó el menor valor para Q2. La luminosidad en C presentó valores menores que los recubrimientos y T. Los resultados de %PP para T, Q1 y Q2 fueron significativamente menores que para C. En el parámetro F se observó la misma tendencia. En cuanto a la capacidad curativa se obtuvo un 40% para Q2, un 20% Q1 y un 0% para C. La eficacia en el control preventivo fue mayor en Q2 (83,3%), respecto a C (50,0%). A partir de esto se concluye que el tratamiento con quitosano al 2% es más efectivo para mantener la calidad postcosecha de kumquats y controlar el desarrollo de *Penicillium spp* que el tratamiento con Bicarbonato de sodio al 1% utilizado actualmente.

**Palabras clave:** kumquats, conservación, postcosecha, recubrimiento, quitosano.

### **2- Introducción**

Las kumquats son frutas pertenecientes a los cítricos verdaderos de la familia de las Rutáceas, con un sabor dulce amargo, se consume junto con su cáscara por lo que no se pueden utilizar fungicidas sintéticos ni ceras que podrían provocar daños en la salud de los consumidores. Varios autores (Schirra et al., 2011; Li et al., 2008) mencionan que

estos frutos poseen una reducida vida poscosecha por tener una elevada tasa respiratoria, sin embargo no se han encontrado reportes con valores de este parámetro en frutas cosechadas en Argentina.

Otra característica de esta fruta es su alta susceptibilidad al ataque de patógenos de heridas, como es el *Penicillium digitatum*, lo que causa importantes pérdidas económicas en la postcosecha. En la industria, como tratamiento se utiliza la inmersión en una solución de bicarbonato de sodio al 1 o al 2% (Palou et al., 2001). Otros tratamientos que se han experimentado son la inmersión en agua caliente y el pasaje de aire caliente, pero se ha encontrado que la fruta pierde peso por deshidratación en el caso del bicarbonato de sodio, y deterioro de la superficie en el caso del aire caliente (Schirra et al., 2011). En todos los casos lo que se busca es reducir el crecimiento fúngico y aunque en algunos de estos tratamientos se logra un moderado efecto, ninguno ejerce acción sobre la actividad respiratoria de estas frutas.

Por estas razones la propuesta de este trabajo es utilizar recubrimientos biodegradables, no tóxicos y comestibles que además de reducir la tasa respiratoria puedan controlar el desarrollo de mohos haciendo que la vida poscosecha se prolongue. Para cumplir con estos fines se estudió la acción de un biopolímero, el quitosano, que es un subproducto de la industria pesquera que proviene de la desacetilación de la quitina que se encuentra en los caparazones de los crustáceos. La capacidad demostrada de este polímero para formar una matriz y tener efecto antimicrobiano (El Ghaouth et al., 1991; Li et al., 2008) indica que puede actuar como un recubrimiento eficaz para prolongar la vida útil de estas frutas.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Materiales**

Se trabajó con kumquats recolectadas manualmente, provenientes de la zona rural de la ciudad de Chajarí de la provincia de Entre Ríos. Como componente activo del recubrimiento se utilizó quitosano en polvo (Origen China), PM de 386 KDa y grado de desacetilación de 84%, dispersado en una solución de ácido acético a la cual se adicionó como plastificante glicerol 25% en base seca.

#### **3.2 Recubrimientos**

**3.2.1. Preparación.** Se dispersó quitosano en polvo (Q) en la solución de ácido acético (AA) al 1.25% por medio de un homogeneizador. Se adicionó glicerol como agente plastificante con una proporción del 25% en base seca y se emulsionó por medio de un dispersor de alta velocidad (Ultraturrax T25, Alemania) durante 1,5 min a 24000 rpm. Este procedimiento se realizó para dos concentraciones de quitosano al 1% (Q1) y al 2% (Q2). Se preparó una solución de Bicarbonato de Sodio (C), al 1%.

**3.2.2 Metodología de Aplicación.** Se aplicaron los recubrimientos por dos métodos, uno por inmersión de la fruta en la solución, y el otro por aspersión con un aplicador de pintura usando aire comprimido. El secado se realizó mediante un secadero de túnel a 40°C.

#### **3.3 Parámetros evaluados**

**3.3.1. Deshidratación.** Se determinó a partir de la pérdida de peso de la fruta almacenada en cámara de refrigeración a 5°C y 95% HR. El peso fue registrado a los 2, 7, 10, 14 y 18 días de almacenamiento.

**3.3.2. Tasa respiratoria.** Se utilizó un método estático cerrado para lo cual se utilizaron 10 frutas colocadas en recipientes herméticos y se midió la composición gaseosa a través del tiempo. Se utilizó un equipo CheckMate3 PDI-Dansensor (Dinamarca).

3.3.3 *Firmeza*. Se midió la resistencia a la deformación en el diámetro ecuatorial de 15 kumquats mediante un texturómetro TA.XT2i-Stable Micro Systems (Japón) utilizando una celda de carga 5 Kg. El ensayo se realizó al inicio y a los 21 días de almacenamiento a 5°C.

3.3.4 *Color*. Se realizó la medida de color en la escala CIELab con un colorímetro (Minolta CR300 series, Japón). Ésta se realizó en tres zonas de cada una de las 15 frutas utilizadas, al inicio y al final de los 21 días de almacenamiento.

3.3.5 *Calidad interna*. La calidad interna de las frutas fue evaluada mediante el Índice de Madurez (IM), el cual se determina mediante el cociente entre los sólidos solubles, medidos en °Brix y la acidez titulable, al inicio y a los 21 días de almacenadas a 5°C y 95% HR. La acidez se midió mediante titulación potenciométrica a pH 8,3 aplicando el método de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 15TH 942.15 B, 1990. Los sólidos solubles (°Brix) se obtuvieron por medio de un refractómetro digital Misco ® Palm Abbe PA202 (U.S.A) de acuerdo al método AOAC 15TH 983.17-976.20, 1990.

3.3.6 Podredumbre verde.

3.3.6.1 *Incidencia de podredumbre verde*. Se determinó contabilizando el número de frutas deterioradas por el crecimiento fúngico durante el almacenamiento a 21°C y los resultados se expresaron en porcentaje. Se utilizaron 90 frutas por cada tratamiento.

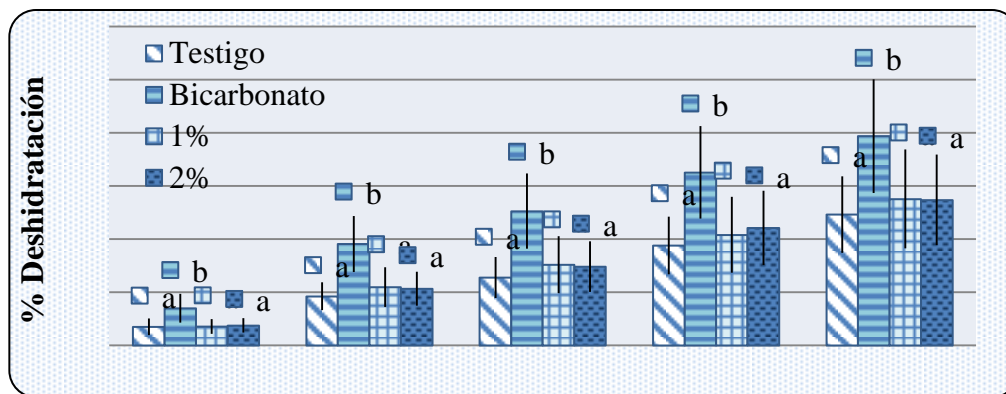
3.3.6.2 *Actividad curativa del recubrimiento*. Se utilizó una metodología de inoculación artificial para lo cual en la zona ecuatorial de cada fruta se realizó una herida superficial con un punzón metálico de 1mm de diámetro y 1mm de profundidad. Se inoculó con 10µl de una suspensión de esporas de  $10^6$ UFC/ml, preparada a partir de una cepa monospórica de *Penicillium digitatum* proporcionada por el INTA EEA. La concentración de esporas en la suspensión fue medida por medio de un espectrofotómetro SHIMADZU (modelo UV-1630, Japón) según la técnica de Eckert y Brown (1986), a una longitud de onda de 425nm hasta obtener una absorbancia de 0,1. Después de inoculadas todas las frutas se almacenaron en recipientes cerrados a temperatura ambiente durante 18hs y posteriormente se recubrieron con los tratamientos Q1, Q2 y C; como testigo se usó fruta sin recubrir. Para cada tratamiento se utilizaron 36 frutas. La incubación se realizó en cámara húmeda a 25°C, durante 7 días. La eficacia del control de la enfermedad se expresó como porcentaje de reducción respecto al testigo al final del almacenamiento.

#### 4- Resultados y discusión

El método de aplicación del recubrimiento por aspersión posibilitó una mayor velocidad de secado y una distribución más homogénea sobre la fruta con respecto a lo obtenido mediante el método por inmersión. Esto conlleva a seleccionar el método por aspersión considerando que en los procesos industriales no sería conveniente un recubrimiento que demande tiempos largos de secado.

Los resultados del ensayo de pérdida de peso en las frutas tratadas por el método seleccionado, mostraron diferencias significativas entre C (Bicarbonato de sodio) y los demás tratamientos; en cambio, analizando el efecto de los recubrimientos Q1 y Q2 con respecto al testigo, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos como se puede observar en la Figura 1. Estos resultados estarían indicando que en el tratamiento con C aumenta la deshidratación de la fruta durante el almacenamiento, en tanto que los recubrimientos Q1 y Q2 no alteran este parámetro de calidad.





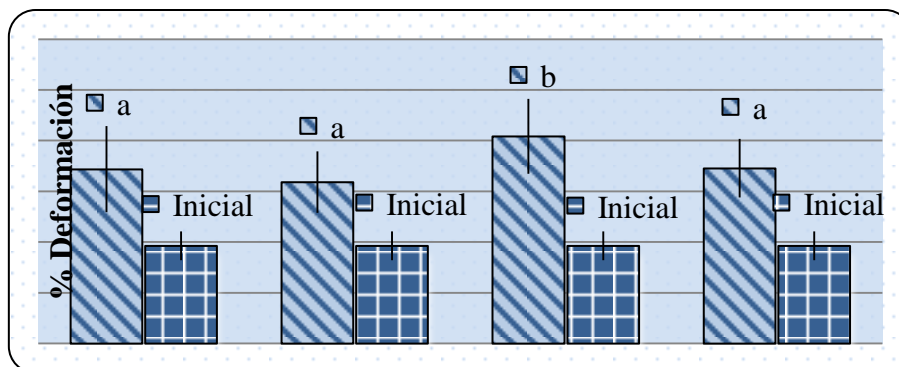
**Figura 1.** Porcentaje de deshidratación de la fruta almacenada a 5°C y 95% HR. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Duncan, con un nivel de confianza del 95%)

Los datos obtenidos de la tasa respiratoria (Tabla 1) muestran que hay diferencias significativas entre T, Q2 y C y que las kumquats con Q2 tienen menor intensidad respiratoria con respecto a los demás tratamientos. Esto estaría manifestando que dicho recubrimiento disminuiría la velocidad de respiración de la fruta tendiendo a retardar el proceso de senescencia y prolongar su vida útil.

**Tabla 1** Tasa respiratoria de kumquats con diferentes tratamientos: Testigo, (T); Bicarbonato de sodio(C); quitosano 1% (Q1) y quitosano 2% (Q2). Distintas letras indican diferencias significativas (Test Duncan, con un nivel de confianza del 95%)

Tratamiento	RCO2 [ml kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]
T	10,63 <sup>b</sup>
C	16,79 <sup>c</sup>
Q1	10,62 <sup>b</sup>
Q2	9,95 <sup>a</sup>

Los ensayos de deformación determinaron diferencias significativas entre C y los demás tratamientos, siendo estas frutas las que presentaron menor resistencia mecánica a la fuerza aplicada. Esto puede deberse a la alta deshidratación sufrida por la acción del bicarbonato sobre la fruta. Los resultados promedios de cada tratamiento, al inicio y después de 21 días de almacenados a 5°C y HR del 95%, se encuentran graficados en la Figura 2.



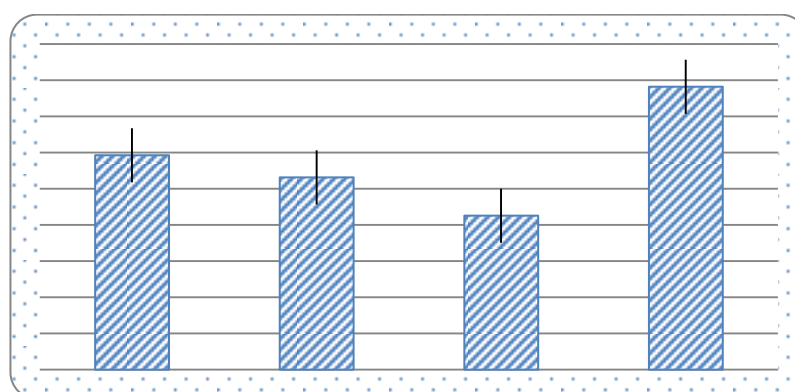
**Figura 2** Deformación (%), al Inicio y a los 21 días de almacenado en cámara a 5°C y 95% HR Letras diferentes indican diferencias significativas con un 95% de confianza según Duncan.

Color. Los tratamientos presentaron diferencias significativas en la luminosidad L\* (Test de Duncan con un 95% de confianza) se puede ver en Tabla 2. Los menores valores fueron obtenidos por el tratamiento C, que visualmente mostraba ser más opaco.

**Tabla 2** Valores de luminosidad L\*. Bicarbonato de sodio(C); quitosano 1% (Q1) y quitosano 2% (Q2). Distintas letras indican diferencias significativas (Test de Duncan con un 95% de confianza)

Tratamiento	L*	Desviación Estándar
Testigo (T)	63,81 <sup>b</sup>	±1,70
Bicarbonato (C)	63,13 <sup>a</sup>	±1,50
Q1	63,70 <sup>ab</sup>	±1,43
Q2	64,00 <sup>b</sup>	±1,54

Calidad interna. Los tratamientos con quitosano exhibieron menores valores de IM, obteniéndose el mejor resultado en los frutos recubiertos con Q2 (Figura 3). Estos resultados indican que el recubrimiento de las kumquats con Q2 mantendría la calidad interna, retardando la senescencia.



**Figura 3** Índice de madurez de las kumquats almacenadas a 5°C, 95% HR durante 21 días.

**Tabla 3** Incidencia de podredumbre verde en fruta almacenada a 5°C, 95% HR con los tratamientos T: testigo, Q1: quitosano al 1%, Q2: quitosano al 2% y C: Bicarbonato de sodio.

Incidencia de podredumbres (%)	Fruta sana con respecto a T (%)
--------------------------------	---------------------------------

<b>T</b>	6,67%	-
<b>Q1</b>	6,67%	0%
<b>Q2</b>	1,11%	83,33%
<b>C</b>	3,33%	50,00%

Los datos obtenidos de la incidencia de podredumbres pueden verse en la Tabla 3 en donde se observa que en las frutas recubiertas con el tratamiento Q2 se contabilizó la menor cantidad de frutas con podredumbre verde. Pudo observarse que todas las kumquats se encontraban deterioradas casi exclusivamente por este moho.

**Tabla 4** Eficacia en el control de la podredumbre verde con los tratamientos Bicarbonato de sodio(C); quitosano 1% (Q1) y quitosano 2% (Q2)

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficacia</b>
<b>Quitosano 1% (Q1)</b>	20%
<b>Quitosano 2% (Q2)</b>	40%
<b>Bicarbonato (C)</b>	0%

La eficacia sobre el control de la podredumbre verde en las frutas recubiertas luego de la inoculación se puede observar en la Tabla 4 donde el recubrimiento propuesto Q2 presenta la mayor eficacia con un 40% con respecto a Q1 (20%) y a C que muestra no tener efecto.

Los resultados de la actividad curativa obtenida con C coinciden con lo experimentado por Vázquez et al., (2011) que encontraron que no fue efectivo para el control de podredumbre verde en las kumquats inoculadas. Palou et al., (2001) encontraron que la eficacia del carbonato de sodio y del bicarbonato de sodio disminuye cuando la fruta es muy susceptible a la alteración por mohos, siendo este el caso de las kumquats. Se puede inferir que el efecto negativo del bicarbonato de sodio puede deberse a que este compuesto produce una deshidratación en las frutas tratadas dejando más expuesta a la cáscara a la acción de los mohos.

Los resultados obtenidos sugieren que el recubrimiento base quitosano (2%) produciría una mejora significativa en cuanto a la pérdida de fruta por podredumbre verde después de la cosecha.

## 5-Conclusiones

En esta investigación el tratamiento de kumquats con un recubrimiento base quitosano al 2% comparado con el tratamiento utilizado actualmente en la industria (NaHCO<sub>3</sub> al 1%) demostró tener acción curativa en el control del moho verde y mantener la calidad postcosecha de kumquats almacenadas a 5°C y 95% HR. La fabricación y aplicación de este producto disminuiría las pérdidas económicas en la postcosecha a la vez que respetaría la salud y el medio ambiente, por lo que amerita continuar la investigación a nivel industrial.

## Bibliografía

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (1990). Official Methods of Analysis. Arlington.
- Eckert, J.W. and G.E. Brown. (1986.). Postharvest citrus diseases and their control. In: Fresh Citrus Fruit. Van Nostrand Reinhold Company Inc. Wardowski, W.F., Nagy, S., Grierson, W. (Eds.), NY, EE.UU., 315–360.
- El Ghaouth, A.; Arul, J.; Ponnampalam, R.; and Boulet, M.; (1991), Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of food science. 56:1618–1620.

- Li, Z., Zhong, H., Peng, X., Li, J. & Zheng, J. (2008) Effect of chitosan and CaCl<sub>2</sub> on senescence and membrane lipid peroxidation of postharvest kumquat fruits. *Acta Hortic.* **769**, 64.
- Palou L., Smilanick J. L., and Viñas I. (2001b), Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate, *Plant Dis*, 85:371-376.
- Schirra, M., Angioni, A., Cabras, P., D'Aquino, S. & Palma, A. (2011). Effects of Postharvest Hot Water and Hot Air Treatments on Storage Decay and Quality Traits of Kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle, cv. Ovale) Fruit. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **1**: 89-94.
- Vázquez, D., Bello F., Cocco M., Meier G. y Almirón N. (2011) .Control del moho verde en postcosecha de kumquats con tratamientos alternativos a los fungicidas de síntesis. Libro de actas vi jornadas argentinas de biología y tecnología de postcosecha , 37-41.

# 25TCA - EVALUACION DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EL COLOR DE ALIMENTOS FUNCIONALES A BASE DE ARANDANO Y ROSA MOSQUETA DESHIDRATADA

PAULINO, C. <sup>(1)</sup>; DE MICHELIS, A. <sup>(1) (2)</sup>; OCHOA, M. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional del Comahue, Villa Regina, Argentina.

<sup>(2)</sup> CORFO Chubut, INTA AER El Bolson, CONICET, Argentina.

[carolina.paulino@facta.uncoma.edu.ar](mailto:carolina.paulino@facta.uncoma.edu.ar)

## Resumen

El estrés oxidativo está implicado en el desarrollo de numerosas enfermedades crónicas y en el proceso de envejecimiento. Debido a que la dieta desempeña un papel importante en la prevención del daño oxidativo, la industria alimentaria muestra hoy en día un interés creciente por el desarrollo de alimentos funcionales ricos en antioxidantes que puedan proporcionar beneficios para la salud del consumidor. Las denominadas “frutas finas” comprenden un grupo de especies frutales de una importancia económica creciente y de un fuerte impacto en la economía regional de los valles andino-patagónicos. Éstas, debido a que poseen numerosos compuestos bioactivos pueden ser consideradas como alimentos funcionales. El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de los procesos de pasteurización y elaboración de mermelada, sobre los compuestos bioactivos y el color de pulpas de arándano, con el agregado de rosa mosqueta deshidratada (RMD). Se trabajó con arándano var. *Elliot*, provenientes de la zona de la Comarca Andina del Paralelo 42, provincia de Río Negro, Argentina y con frutos de Rosa Mosqueta silvestre (var. *Rosa eglanteria*) recolectados en montes naturales y luego deshidratados hasta una humedad final de 9,35%. Se analizó el contenido de humedad, sólidos solubles refractométricos, pH, acidez, actividad de agua, fenoles totales (FT), flavonoides (Fv), poder reductor (PR), ácido ascórbico y color superficial. El agregado de RMD para mejorar el contenido de ácido ascórbico en los productos (pulpa pasteurizada y mermelada) fue satisfactorio ya que, si bien los procesos aplicados disminuyen su concentración debido a las condiciones propias del tratamiento (temperatura, presencia de oxígeno, pH, etc.), la adición realizada permitió mantener una concentración importante del compuesto en los productos finales, que a su vez fue favorable para los compuestos bioactivos analizados y el poder reductor. De los tratamientos aplicados, la pasteurización es el que mejor mantiene el nivel de ácido ascórbico y menos afectaría los parámetros de color. Teniendo en cuenta el contenido de Fv, ácido ascórbico y poder reductor el alimento de mejores características funcionales sería la pulpa pasteurizada con RMD. La mermelada de arándano con RMD presenta un aporte importante de vitamina C a través de una fuente no tradicional.

**Palabras claves:** arándano, rosa mosqueta, compuestos bioactivos, mermelada, pasteurizado

## 1. Introducción

Existe una creciente tendencia de asociación de la alimentación con el estado de salud de la persona (Aguilera Garca et al., 2010); si bien la función principal de la dieta es aportar los nutrientes para satisfacer las necesidades nutricionales del organismo, cada vez hay más pruebas científicas que apoyan la hipótesis de que algunos alimentos tienen el efecto de mejorar las condiciones físicas y mentales, así como de reducir el riesgo de

contraer ciertas enfermedades (CTEP, 2010). Las investigaciones más recientes se han centrado en identificar componentes biológicamente activos en los alimentos.

Los compuestos bioactivos pertenecen al grupo de los denominados fitoquímicos, también conocidos con el nombre de metabolitos secundarios de origen vegetal. Estas sustancias están relacionadas con la prevención del desarrollo de distintos tipos de cáncer, enfermedades cerebrovasculares y cardiovasculares, entre otras, probablemente relacionadas con su actividad antioxidante. Algunas de las sustancias bioactivas más importantes son los compuestos fenólicos, las vitaminas A, C y E y los carotenoides (Paulino et al., 2012; Aguilera Garca et al., 2009). Estos metabolitos secundarios están presentes en forma natural en muchas frutas y verduras. Por tal razón, se están desarrollando nuevos alimentos con base frutihortícola denominados Funcionales, considerados como aquellos que se consumen dentro de una dieta normal y que contienen compuestos biológicamente activos con propiedades benéficas para la salud científicamente comprobadas (CTE, 2010).

El arándano es un fruto muy difundido en América del Norte y Europa. Argentina en los últimos años se ha transformado en uno de los mayores productores del Hemisferio Sur (Pérez et al., 2008). Diversos estudios han demostrado que esta fruta es una fuente muy importante de compuestos bioactivos, como flavonoides, ácidos fenólicos, y antocianinas, estas últimas responsables de su atractivo color, el cual deberá preservarse durante los procesos ya que el consumidor juzga principalmente el alimento por su apariencia (Häkkinen et al., 1999; Kahkonen et al., 2001; Szajdek y Borowska, 2008).

Dentro de las frutas finas también se encuentra la Rosa Mosqueta, conocida como Rosa silvestre. Los frutos de la Rosa mosqueta se caracterizan por tener un alto contenido de ácido ascórbico, y carotenos los cuales varían según la fecha de recolección, el grado de maduración, las condiciones climáticas y la zona de donde se obtiene el fruto (Mabellini et al., 2009).

La elaboración de pulpas preparadas a partir de frutas finas ha alcanzado una gran importancia económica en la industria alimentaria actual, mostrando un gran futuro comercial, ya que son la base a partir de la cual se elaboran una amplia gama de productos finales como los jugos de frutas con pulpa, néctares, mermeladas y alimentos infantiles.

## **2. Objetivo**

Estudiar el efecto de los procesos de pasteurización y elaboración de mermelada en pulpas de arándano con o sin el agregado de rosa mosqueta deshidratada, sobre los compuestos bioactivos y color.

## **3. Materiales y Métodos**

### **Materia Prima**

Se trabajó con arándanos var. *Elliot*, provenientes de productores de la Comarca Andina del Paralelo 42, provincia de Río Negro y frutos de Rosa Mosqueta silvestre (var. *Rosa eglanteria*) recolectados en montes naturales de la misma zona. Las frutas frescas fueron trasladadas en forma refrigerada a Villa Regina y conservadas a 4°C en heladera hasta el momento de su caracterización. Una fracción de arándanos enteros se pulgó mediante un homogeneizador en condiciones de presión y temperatura atmosféricas conservándose a -18° C hasta su utilización. Antes de realizar la operación de pulpado se sometió a escaldado a 100 °C durante 2 minutos.

A los frutos de rosa mosqueta se le efectuaron 3 (tres) punciones en superficie y se sometieron a una deshidratación en secadero piloto con circulación de aire caliente a temperatura constante de 70°C hasta una humedad de 9,3%, luego se pulverizó la

muestra mediante un molinillo marca CoolBrand y se homogenizó el tamaño utilizando un tamiz 18 mesh.

### Procesos aplicados

*Pasteurización de pulpas*, en baño de agua a 100°C durante 10 minutos. Las pulpas frescas se colocaron en viales de vidrio de 10 ml sellados con precintos metálicos y se introdujeron en el baño de agua. Luego se enfrió en baño a 0°C.

*Mermeladas de arándano*: La pulpa se pesó y se mezcló con azúcar, en proporción: 1 parte de azúcar por 1 de pulpa. Se calentó hasta ebullición, se agitó la mezcla constantemente y se monitorearon los sólidos solubles hasta alcanzar los 66 °Brix, luego se envasó en viales de vidrio.

*Pasteurización de pulpa de arándano con polvo de rosa mosqueta deshidratada*. En este caso la pulpa se mezcló con 8% de polvo de Rosa Mosqueta y se envasó en viales de vidrio de 10 ml sellados con precintos metálicos. El tratamiento térmico fue el mismo que el aplicado a la pulpa pasteurizada pura.

*Mermelada de arándano con polvo de rosa mosqueta deshidratada*. El procedimiento de elaboración fue el mismo que en la mermelada pura agregándose un 8% de rosa mosqueta deshidratada, antes del proceso, obteniéndose un producto de 66,5 °Brix.

### Determinaciones

Los extractos y las determinaciones se realizaron por triplicado.

*Extractos* se pesó una determinada cantidad de muestra, se adicionaron 20 ml de solución al 1% de HCl en etanol y se colocó en un baño termostatzado con agitación (modelo Dubnoff) a 37°C durante 30 minutos. Luego se filtró mediante vacío y el residuo se extrajo nuevamente con otros 20 ml de solvente. Finalmente los extractos reunidos se llevaron a volumen con agua destilada.

*Contenido de Humedad*. Se determinó en base al método AOAC 920.151.

*Sólidos solubles refractométricos*. Se determinó según el método 932.12 de la A.O.A.C., utilizando un refractómetro ABBE, marca ATAGO tipo 1.

*pH y Acidez titulable*. Se midió el pH según el método 981.12 de la AOAC. Por otra parte, la acidez se determinó titulando con NaOH 0,1 M hasta pH 8,1.

*Fenoles Totales (FT)*. La concentración de fenoles totales se midió por el método descripto por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones.

*Flavonoides (Fv)*. Se determinaron los flavonoides totales por el método de formación de complejo con tricloruro de aluminio contra un estándar externo de Catequina (mg/l). (Zhishen et al., 1999).

*Poder Reductor (PR)*. Fue analizado por el método de Benzie y Strain (1996) para determinar la capacidad del plasma sanguíneo para reducir iones férricos (Ferric Reducing Ability of Plasma, FRAP).

*Vitamina C*. Se utilizó el método de Loeffler y Ponting (1942) cuyo principio se basa en la reacción redox producida por el ácido ascórbico presente en la muestra y el colorante 2,6-diclorofenolindofenol (DIP).

*Color superficial*. Se determinó utilizando un fotocolorímetro Minolta CR400, evaluando los parámetros correspondientes al espacio de color CIELAB: L\*, a\*, b\*. Se calcularon los parámetros Chroma:  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , hue:  $\arctan(b^*/a^*)$ ,  $\Delta a$  y  $\Delta E$ .

*Análisis estadístico*. Para evaluar el efecto del proceso y agregado de rosa mosqueta, se aplicó un diseño completamente aleatorizado. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  y se empleó la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán, Casanoves) para la comparación de medias. Se utilizó el programa estadístico Infostat v. libre. (Di Rienzo et al., 2011).

#### 4. Resultados y Discusión

En la **Tabla 1** se presentan los resultados de la caracterización de las materias primas analizadas, donde se puede observar el alto contenido de FT y Fv del arándano así como también los muy altos valores de Fv, PR y ácido ascórbico de la Rosa mosqueta deshidratada que permanece en muy alta concentración aun habiendo sufrido la matriz un proceso de secado a 70°C lo cual justifica su uso como aditivo en productos como las mermeladas o pulpas de otras frutas.

**Tabla 1.** Caracterización de materias primas

<i>Determinaciones</i>		<i>Arándano Fresco</i>	<i>Rosa Mosqueta deshidratada</i>
<b>pH</b>		2,85 ± 0,04	3,68 ± 0,01
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>		12,8 ± 0,3	16,2 ± 0,3
<b>Acidez titulable <sup>(a)</sup></b>		1,61 ± 0,01	6,32 ± 0,04
<b>Humedad (%)</b>		83,2 ± 1,2 <sup>[21]</sup>	9,3 ± 0,1
<b>Fenoles Totales (FT) <sup>(b)</sup></b>		368,22 ± 26,42	---
<b>Flavonoides (Fv) <sup>(c)</sup></b>		93,69 ± 4,47	2463,13 ± 194,46
<b>Poder Reductor (PR) <sup>(d)</sup></b>		26 ± 2 <sup>[21]</sup>	571,1 ± 32
<b>Color</b>	<b>Hunter L</b>	19,41 ± 1,31	52,66 ± 0,28
	<b>Hunter a</b>	6,73 ± 0,44	12,07 ± 0,18
	<b>Hunter b</b>	1,03 ± 0,15	25,98 ± 0,46
<b>Ácido Ascórbico <sup>(e)</sup></b>		26,0 ± 3,0	718,5 ± 9,3

Los valores representan la media (n = 3) ± SD

(a) g ácido cítrico anhidro/100 g producto; (b) mg GAE/100 g producto; (c) mg CE/100 g producto; (d) µg Fe<sup>2+</sup>/g producto; (e) mg de AA/100 g producto.

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de compuestos bioactivos y Poder reductor para los distintos productos de Arándano puro y mezclas con RMD.

En todos los productos obtenidos con adición de Rosa Mosqueta deshidratada, el contenido en ácido ascórbico aumentó significativamente como era de esperarse alcanzando valores superiores a los de los frutos originales.

Se sabe que el ácido ascórbico interfiere en la determinación de fenoles totales por el método de Folin – Ciocalteu (Lester et al., 2012), motivo por el cual los resultados obtenidos presentan una sobreestimación respecto al valor real. Por lo expuesto no se informan resultados para FT de las pulpas pasteurizadas mezclas, las mermeladas mezclas y la rosa mosqueta deshidratada.

En las **Figuras 1 y 2** se observa la comparación entre productos de Arándano con RMD en cuanto al contenido de Fv, y en cuanto al Poder Reductor

**Tabla 2.** Compuestos bioactivos y PR en productos de Arándano

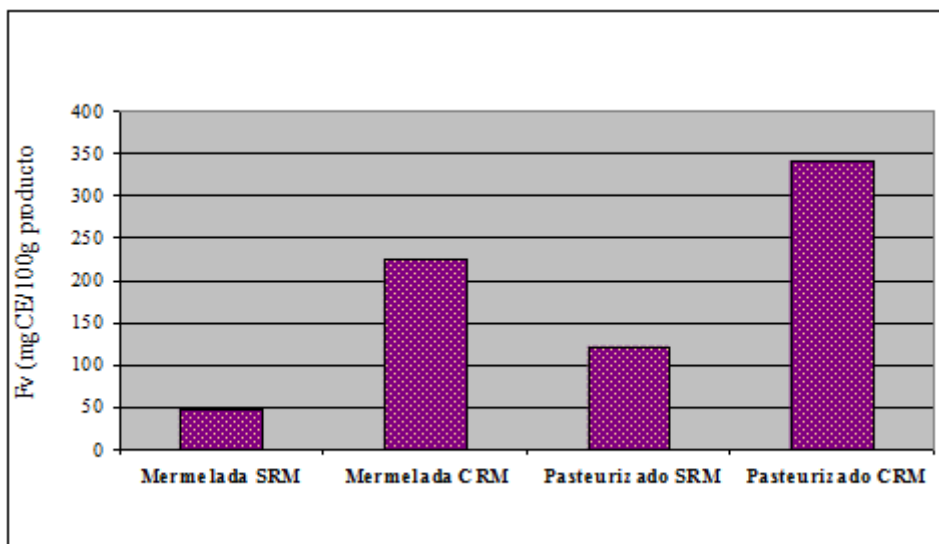
<i>Producto</i>	<i>Fenoles Totales <sup>(a)</sup></i>	<i>Flavonoides <sup>(b)</sup></i>	<i>Poder Reductor <sup>(c)</sup></i>	<i>Ácido Ascórbico <sup>(d)</sup></i>
Pulpa fresca	400,09 ± 9,26	107,68 ± 5,88	36,70 ± 2,60	< a 10,55
Pulpa pasteurizada	440,95 ± 3,87	121,22 ± 6,33	43,39 ± 3,36	< a 10,55
Mermelada	317,67 ± 11,97	47,10 ± 1,68	22,13 ± 0,84	< a 10,55
Pulpa	...	342,00 ± 11,39	73,43 ± 7,19	32,57 ± 0,69



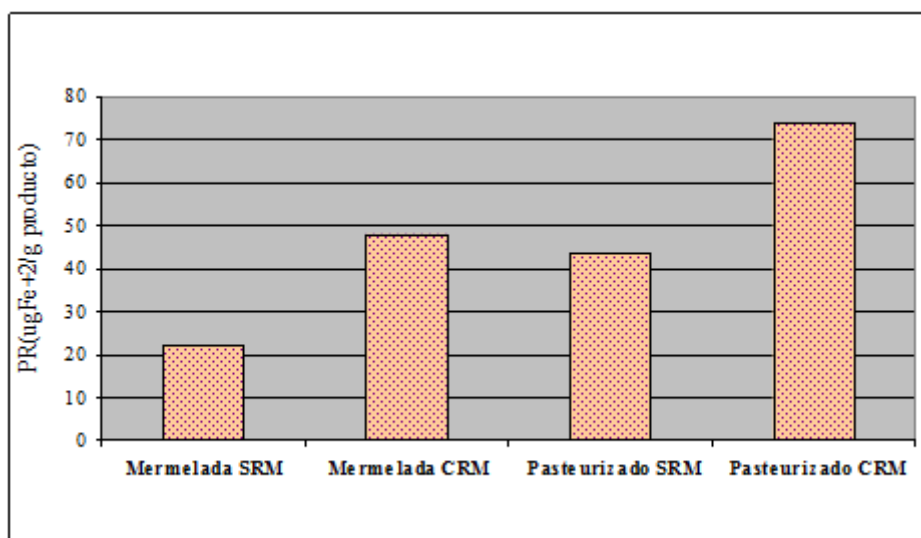
pasteurizada mezcla				
Mermelada mezcla	...	223,15 ± 11,56	48,08 ± 5,55	27,59 ± 0,49

Los valores representan la media ( $n = 3$ )  $\pm$  SD

(a) mg AGE/100 g producto; (b) mg CE/100 g producto; (c)  $\mu\text{mol Fe}^{+2}$ /g producto; (d) mg ácido ascórbico/100 g producto



**Figura 1.** Flavonoides en productos de arándano con RMD

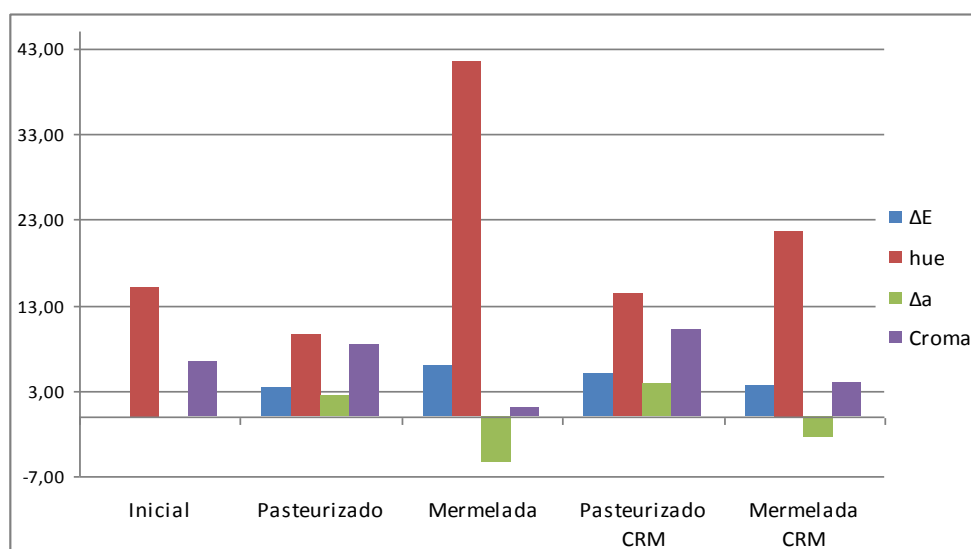


**Figura 2.** Poder reductor en productos de arándano con RMD

Para las mezclas de los productos de arándano, se vio que el agregado de Rosa Mosqueta elevó los niveles de Fv significativamente, se cuadruplica para mermelada y aumenta casi siete veces para pulpa pasteurizada

El agregado de RMD a las mermeladas mezclas y pulpas pasteurizadas mezclas, aumentó el PR significativamente. En pulpa de arándano aumentó 1,6 veces y en mermelada 2,2 veces.

En la **Figura 3** se pueden visualizar los resultados de color para los distintos productos.



**Figura 3.** Color en productos de arándano

En cuanto a  $\Delta E$ , variación global del color, la pulpa pasteurizada pura y la mermelada con RMD no presentaron diferencias significativas entre sí y, a su vez, son las que tienen los valores más bajos de este parámetro, la mermelada pura presentó el mayor cambio de color total. En cuanto a cambio en matiz (Hue), la pulpa pasteurizada pura y mezcla no presentaron diferencias significativas entre sí ni con la pulpa inicial, siendo los productos menos afectados, nuevamente la mermelada pura fue el producto más afectado por cambio en matiz. En cuanto a  $\Delta a$ , las mermeladas son las que más pierden el componente rojo. Las pulpas pasteurizadas presentaron valores positivos de este parámetro. Respecto a croma, el color menos intenso lo tuvo la mermelada pura seguido por el de la mermelada mezcla. Los productos pasteurizados presentaron mayores valores de saturación de color, con diferencias significativas entre sí.

## 5. Conclusiones

- La pasteurización es el proceso menos agresivo sobre los compuestos bioactivos, siendo además éstos, mejorados por este tratamiento (aumentan en comparación a los de la pulpa fresca).
- El agregado de Rosa Mosqueta Deshidratada para mejorar el contenido de Ácido Ascórbico en los productos (pulpas pasteurizadas y mermeladas) fue satisfactorio ya que la adición realizada permitió mantener una concentración importante del compuesto en los productos finales.
- Teniendo en cuenta el contenido de Fv, ácido ascórbico y Poder reductor el producto de mejores características funcionales, que más aportaría al mantenimiento de la salud sería la pulpa pasteurizada mezcla de arándano con RM.
- Respecto a los resultados obtenidos en el análisis de color, la pasteurización es el proceso tecnológico que menos afecta los parámetros de color. En cuanto al efecto del agregado de RMD no se observan cambios importantes en el color.

## 6. Bibliografía

- Aguilera Garca, C., Barberá Mateos, J., Díaz, L., et al. (2010). Alimentos Funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Instituto de Nutrición y trastornos alimentarios, Madrid, España.

- Benzie I., Strain J. (1996). Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239:70-76
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Tech*, 28(1):25–30.
- Cooperación Transfronteriza España-Portugal, CTEP (2010). Alimentos funcionales: función cognitiva y comportamiento. Manual Proyecto BIOEMPRENDE. Disponible on-line: <http://www.bioemprende.eu>
- Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, U.N.C., Arg.
- Häkkinen, S., Karenlampi S., Heinonen M., Mykkanen H., and Torronen A. (1999). Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 2274-2279.
- Kahkonen, M., Hopia A., and Heinonen M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 49:4076-4082.
- Lester, G., Lewers, K., et al. (2012). “Comparative analysis of strawberry total phenolics via Fast Blue BB vs. Folin–Ciocalteu: Assay interference by ascorbic acid”. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volumen 27, pág. 300-306.
- Loeffler, H., Pointing, J. (1942) “Ascorbic Acid: Rapid determination in fresh, frozen or dehydrated fruits and vegetables”. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 14:846.
- Mabellini, A., Ohaco, E., et al. (2009). Rosas silvestres en la República Argentina y su uso en Productos alimentarios. Material de difusión Agencia de Extensión Rural (AER), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El Bolsón, Río Negro
- Paulino, C., Kessler, A., Ochoa, M. y De Michelis, A. (2012). Compuestos Bioactivos en frutas finas patagónicas: efecto del proceso. *La Alimentación Latinoamericana*. Edición 300, pág. 70-75.
- Pérez D., Rodríguez G., Paredes V., Berettoni A. (2008). El arándano en Tucumán, superficie implantada, rendimientos, producción, precios y gastos de producción; EEAOC, Año VI/ Boletín N°25.
- Szajdek, A., Borowska, J. (2008). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 63(4):147-156.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999) The determination of flavonoid content in mulberry and their science effects on super radicals. *Food Chem.*, 64: 555–559.

## 26TCA - CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS

CROSTA, T.<sup>1</sup>; MARCHINI, M.<sup>2</sup>; FARÍAS, M.E.<sup>2</sup>

1. Becaria CIN. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, Luján (6700),  
Provincia de Buenos Aires, Argentina

2. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7,  
Luján (6700), Provincia de Buenos Aires, Argentina

E-mail: [efarias@unlu.edu.ar](mailto:efarias@unlu.edu.ar)

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente y fisicoquímicamente cinco almidones modificados de maíz (U, H, C, S y B) y dos almidones nativos (papa y maíz), todos comerciales de grado alimenticio. Se analizó por microscopía óptica el tamaño y forma de los gránulos, antes y después de calentarlos; el porcentaje de acetilación; la sinéresis; el porcentaje de amilosa; la transmitancia de la pasta a la luz y el porcentaje de grupos carboxílicos. La apariencia granular del almidón varió notablemente según su origen, como así también del tipo de modificación química que haya recibido el gránulo. Asimismo, se lograron establecer afinidades y contrastes entre algunas de las propiedades fisicoquímicas y la morfología de los almidones modificados, restando para otros trabajos el análisis del comportamiento reológico.

### 1. Introducción

Los almidones son los principales carbohidratos en las plantas. Los gránulos de almidón están compuestos principalmente por dos polisacáridos, amilosa y amilopectina, también contienen proteínas y lípidos en muy baja proporción. Las propiedades de los almidones nativos se pueden mejorar por medio de modificaciones químicas, principalmente a lo referido a sus propiedades de adhesión y formación de películas, a la disminución de viscosidad por la adición de ácidos, el calor y la acción mecánica, la disminución de la tendencia a la retrodegradación y una mayor resistencia a los procesos de congelado y descongelado. Las modificaciones químicas clásicas son la acetilación, la oxidación y el entrecruzamiento. La acetilación es uno de los métodos más comunes de modificación que consiste en la esterificación del almidón nativo con anhídrido acético, acetato de vinilo o ácido acético (Bello-Pérez et al., 2010). El almidón acetilado se clasifica según su grado de sustitución (GS) en bajo o alto. Los almidones con bajo GS ( $<0,1$ ) confieren consistencia, textura y estabilidad mientras que los almidones con alto GS ( $>0,1$ ) se usan como substitutos del acetato de celulosa (Bello-Pérez et al., 2010). Los almidones oxidados se utilizan para formar películas y aumentar las propiedades de adhesión. El proceso de oxidación causa la degradación de los gránulos y disminuye la viscosidad, por ello se necesita una mayor concentración de sólidos (Sangseethong et al., 2010). El almidón oxidado es producido por la reacción del almidón nativo con una cantidad específica del reactivo oxidante a temperatura y pH controlados. La oxidación del almidón implica la introducción de grupos carbonilo y carboxilo en las unidades de glucosa, dentro de la matriz del polímero. La producción de almidón oxidado está basada en el uso de hipoclorito de sodio como agente oxidante (Tethool et al., 2012). El entrecruzamiento estabiliza los gránulos, obteniéndose mayor viscosidad y mayor resistencia a los ácidos. El oxocloruro de fósforo ( $\text{POCl}_3$ ) es uno de reactivos más comunes para entrecruzar almidones (Mirmoghtadaie et al., 2009).

Cuando se diseña un nuevo alimento muchas veces no es fácil seleccionar el

biopolímero más adecuado, y en el caso del almidón, reconocer qué tipo de modificaciones químicas ha recibido el gránulo puesto que generalmente se le realizan varios de estos tratamientos.

## **2. Objetivo**

Caracterizar morfológicamente y fisicoquímicamente cinco almidones modificados de maíz de uso comercial (U, H, C, S y B) y dos almidones nativos (papa y maíz).

## **3. Materiales y métodos**

**3.1 Muestras de almidón:** Se utilizaron almidones nativos de papa (P) y maíz (M) y cinco almidones modificados de maíz de diferentes proveedores (U, H, C, S y B), todos productos comerciales de grado alimenticio.

Todos los reactivos químicos utilizados fueron de grado analítico. Se utilizó agua Milli-Q.

**3.2 Morfología y distribución de tamaño de los gránulos:** Las muestras de almidones nativos y modificados se prepararon en suspensiones a una concentración de 10 mg/ml, según la técnica de Cai y Wei (2013). Se colocó una gota en el portaobjetos y se tiñó con 10  $\mu$ l de reactivo de lugol. Las suspensiones se calentaron con placa calefactora bajo agitación a 90 °C y se tomaron alícuotas de las mismas a 1, 2, 3, 4, 5 y 6 min de calentamiento. Los gránulos fueron observados con un microscopio óptico Carl Zeiss (Alemania), las imágenes se obtuvieron con un equipo de telefonía celular con cámara de 8 Mpx y se analizaron con el software TSview versión 6.2.3.3. Se midieron los diámetros de aproximadamente 40 gránulos individuales. En gránulos equiaxiales los tamaños se aproximaron a diámetros; en los no equiaxiales, los tamaños correspondieron a la longitud más corta.

**3.3 Contenido de amilosa:** El contenido de amilosa se determinó según la técnica descrita en Mirmoghtadaie et al. (2009). La fracción de amilosa que tiene afinidad para formar complejos con el yodo se cuantificó espectrofotométricamente a 625 nm. Los resultados se expresaron en función de la absorbancia de las muestras.

**3.4 Porcentaje de acetilación y grado de sustitución:** Se determinó según el método propuesto Mirmoghtadaie et al. (2009). Se calculó el grado de sustitución (GS) que se define como el número promedio de sitios que poseen un grupo sustituyente por unidad de glucosa. Se utilizó como blanco almidón de maíz nativo.

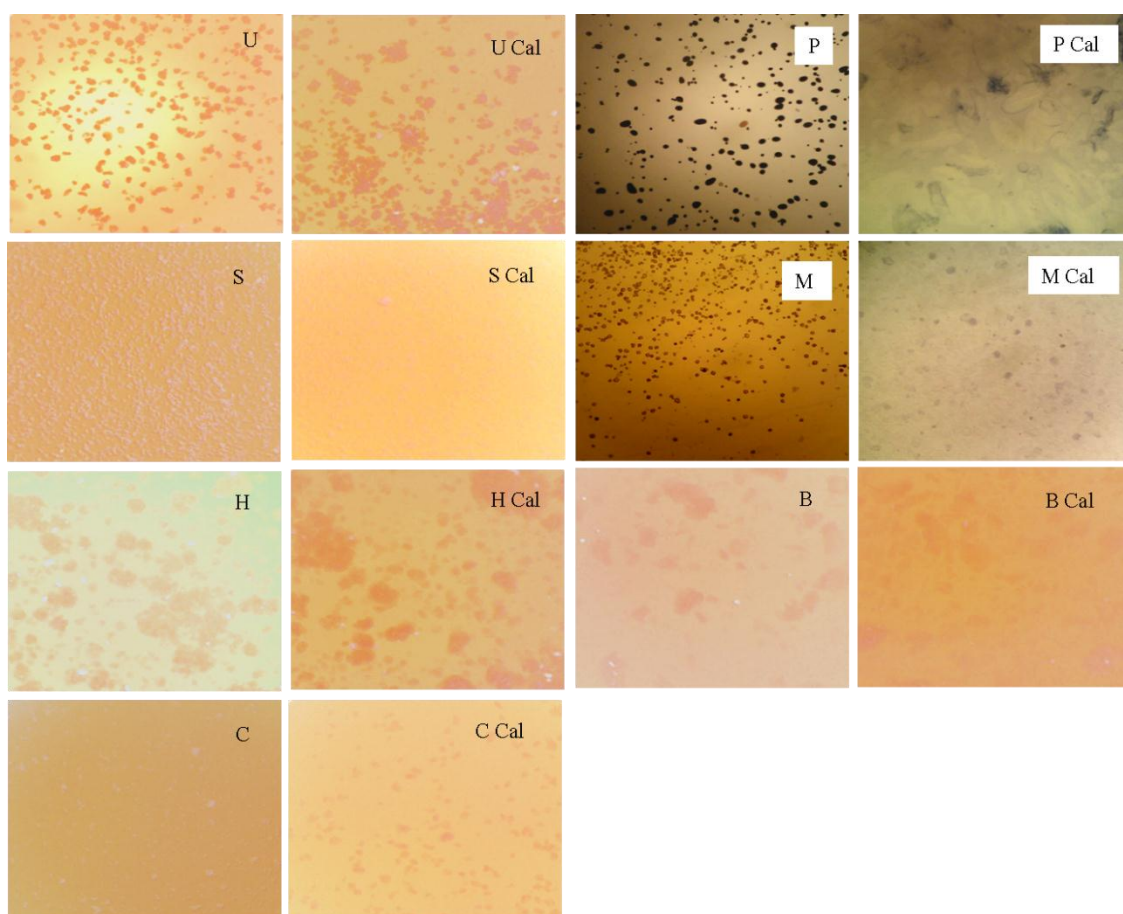
**3.5 Porcentaje de grupos carboxílicos:** Se determinó a partir de la técnica de Tethool et al. (2012).

**3.6 Transmitancia de la luz:** La claridad de la pasta se evaluó por el método descripto en Liu et al (2014).

**3.7 Retrogradación de las pastas:** Se evaluó mediante ensayos de sinéresis, según la técnica de Liu et al (2014) con modificaciones. Una suspensión acuosa (1 g/100 g) se calentó a 90 °C bajo agitación magnética constante durante 15 min. Luego se vertieron 10 ml de la solución en tubos de ensayos, reservándose tapados a temperatura ambiente. Se midió el volumen de agua en el sobrenadante a las 2 horas, y a los 2, 6 y 9 días. También se realizó el mismo ensayo sin calentamiento. El porcentaje de sobrenadante se calculó como el volumen de sobrenadante sobre volumen total por cien.

**3.8 Análisis estadístico:** El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows. Se realizó la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas a  $p < 0,05$ . Todos los ensayos se realizaron por duplicado.

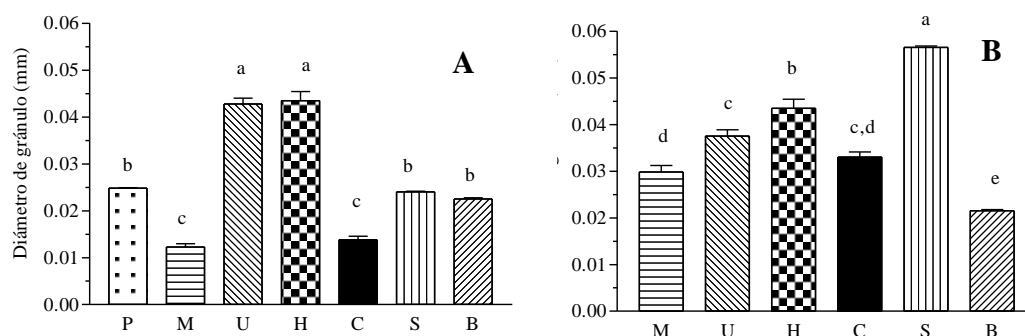
### 3. Resultados y discusión



**Figura 1:** Imágenes de microscopía óptica de las suspensiones de almidones antes y luego del calentamiento (aumento: 400 X). P: almidón nativo de papa, M: almidón nativo de maíz, U, S, H, C y B almidones modificados. Cal: la suspensión sufrió un proceso de calentamiento a 90 °C por 1 min.

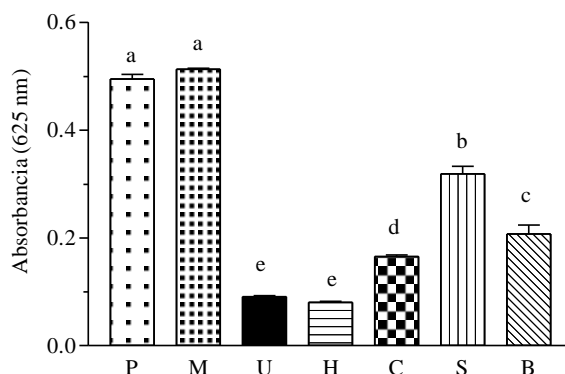
Son evidentes las diferencias en las formas y apariencia de los gránulos al ser observados en el microscopio óptico (**Figura 1**), tanto antes como después del calentamiento. Los almidones nativos de papa y maíz se tiñeron muy fuertemente con lugol. El almidón de papa presentó gránulos grandes y pequeños de forma oval y esférica respectivamente (Cai y Wei, 2013). El almidón de maíz presentó gránulos esféricos más pequeños. Por las imágenes SEM obtenidas por otros autores se sabe que las formas son aproximadamente irregulares, poligonales en el plano y se asumen poliédricas irregulares en el espacio (Baker et al., 2001).

En la **Figura 2 A** se muestran los tamaños promedios de los gránulos de almidón antes del calentamiento de las suspensiones. El tamaño promedio de los mismos, para el caso del maíz fue  $12,3 \pm 4,2 \mu\text{m}$  y la distribución de los datos fue normal. Estos resultados coincidieron con los obtenidos por Medina y Salas (2008). El tamaño promedio de los gránulos de papa fue  $24,8 \pm 0,8 \mu\text{m}$ , esta media poblacional fue superior a la encontrada por Medina y Salas (2008). Esta diferencia puede atribuirse a los diferentes tamaños de los gránulos ovales y esféricos que otorgan una gran variabilidad.



**Figura 2:** Tamaño de los gránulos de los almidones antes (A) y luego del calentamiento (B). Letras diferentes indican diferencia significativa a  $P < 0,05$ .

Los almidones modificados presentaron gránulos de forma irregular (**Figura 1**). U y H tuvieron los mayores diámetros promedios,  $43,5 \pm 1,2 \mu\text{m}$  y  $42,8 \pm 8,2 \mu\text{m}$  respectivamente (**Figura 2 A**). Los almidones modificados C y S presentaron tamaños de gránulo de  $13,8 \pm 4,9 \mu\text{m}$  y  $24,0 \pm 1,0 \mu\text{m}$  y no fueron teñidos con el reactivo de lugol. Las imágenes muestran fusión en los gránulos de los almidones modificados B y H.



**Figura 3:** Contenido de amilosa de los gránulos de los almidones. Letras diferentes indican diferencia significativa a  $P < 0,001$ .

Los gránulos de almidón nativo son insolubles en agua fría. Cuando son calentados en presencia de suficiente agua, se produce imbibición, es decir, incorporación de agua al gránulo. A medida que el calentamiento continúa, los gránulos captan más agua irreversiblemente y se hinchan. Como era esperado, los gránulos de los almidones nativos incrementaron su tamaño por calentamiento. La rotura para el almidón de papa se produjo en 1 min (**Figura 1**) y en 4 min, para el almidón de maíz (datos no mostrados). Diferente comportamiento presentaron los almidones modificados. Los almidones modificados U, H y B no cambiaron su tamaño con el calentamiento y los gránulos de los almidones C y S se hincharon rápidamente (**Figura 2 B**) y mantuvieron su tamaño durante los 6 min del ensayo.

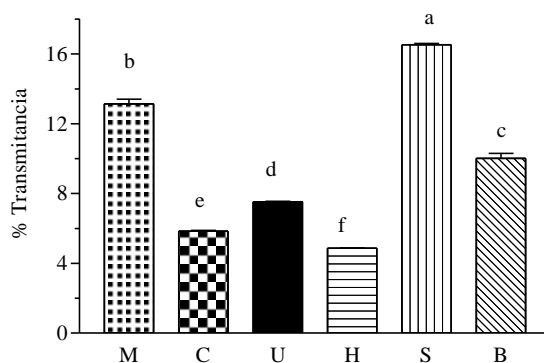
Los gránulos de almidón están conformados por dos polímeros de unidades de glucosa: la amilosa, de carácter esencialmente lineal, y la amilopectina, altamente ramificada y de mayor peso molecular. El contenido de amilosa se muestra en la **Figura 3**. A mayor absorbancia, mayor es el contenido de amilosa. Como era esperado, ambos almidones nativos presentaron el mayor contenido de amilosa, relacionado directamente con el intenso color violeta ante el reactivo de lugol (Cai y Wei, 2013). Para los almidones

modificados, el mayor contenido de amilosa lo presentó la muestra S y los menores las muestras U y H. El contenido de amilosa está relacionado con las modificaciones químicas que se hacen al gránulo, el origen botánico del almidón, el tipo de agente químico utilizado, el tiempo de reacción, entre otros factores.

**Tabla 1:** Porcentaje de acetilación y grado de sustitución de los almidones

	% acetilación	GS
U	$0,855 \pm 0,042$	0,032
H	0	0
C	$1,715 \pm 0,150$	0,066
S	0	0
B	$5,995 \pm 0,445$	0,24

En la **Tabla 1** se muestran los porcentajes de acetilación y el grado de sustitución de los diferentes almidones. Se destacó el almidón modificado B, que se clasifica como de alto GS. En cambio los almidones U y C se clasificaron como de bajo GS. Los almidones H y S no fueron acetilados. La fusión de los gránulos del almidón modificado B, mostrada en la **Figura 1**, podría atribuirse a su alto GS (Bello-Pérez et al., 2010).



**Figura 4:** Porcentaje de transmitancia a la luz de las pastas de almidón. Letras diferentes indican diferencia significativa a  $P < 0,001$ .

El contenido de grupos carboxílicos en ambos almidones nativos fue del 0,02%, mientras que se obtuvieron similares resultados para los almidones modificados (datos no mostrados). Estos resultados indicarían que estos almidones no fueron tratados con agentes oxidantes.

La transmitancia a la luz está íntimamente relacionada con la solubilidad del almidón. La transmitancia del almidón de papa fue  $85,8 \pm 1,8$  %. Una señal de alta transmitancia indica el completo hinchamiento de los gránulos, como es posible observar en la imagen para este mismo almidón calentado (**Figura 1**). Por otra parte, como puede verse en la **Figura 4**, los otros almidones, incluyendo al almidón nativo de maíz, tienen una transmitancia inferior al 16%. Este resultado discrepó con los encontrados por Liu et al. (2014) quienes hallaron una transmitancia para almidón nativo de maíz del 40%.

Con respecto a los almidones modificados, los valores mayores de transmitancia fueron encontrados para S (16%) y B (10%). El almidón S se caracterizó por aumentar el diámetro de los gránulos significativamente luego de calentarse, y el almidón B por su alto GS. Liu et al. (2014) sugirieron que la presencia de grupos hidrofílicos son los responsables de una alta transmitancia porque estos grupos mejoran la interacción con las moléculas de agua.



**Tabla 2:** Porcentaje de sobrenadante de las suspensiones de los almidones sin calentar y calentado.  
ND: No determinado; INS: Insoluble.

sin calentar		2 h	2 d	6 d	9 d
	P	INS	INS	INS	INS
	M	INS	INS	INS	INS
	C	INS	INS	INS	INS
	U	0	0	70,2	70,2
	H	4,3	10,7	10,7	16,1
	S	INS	INS	INS	INS
	B	INS	INS	INS	INS
calentado	P	0	0	0	0
	M	0	57,8	59,8	59,8
	C	ND	62,4	63,4	64,5
	U	0	0	67,4	69,6
	H	3,3	3,3	3,3	4,3
	S	ND	72,6	72,6	72,6
	B	0	3,2	3,2	9,7

En la **Tabla 2** se puede observar el porcentaje de sobrenadante de las suspensiones de almidón. El almidón nativo de papa no presentó sobrenadante cuando fue solubilizado en agua caliente. Estos resultados coincidieron con la alta transmitancia a la luz de esta pasta y resaltan su alta capacidad de retención de agua. Diferente resultado se obtuvo del almidón nativo de maíz, con un porcentaje de sobrenadante cercano al 60% a los 2 días de realizarse el experimento. El almidón de maíz se retrograda mucho más rápidamente que el almidón de papa (Kelly et al., 1995).

Los almidones modificados U y H fueron solubles en frío (**Tabla 2**), relacionándose con los mayores tamaños de gránulo (**Figura 1A**). La menor sinéresis en frío se obtuvo para el almidón H. Esto indica óptimas cualidades de ambos polímeros para su utilización en alimentos que no requieran calentamiento.

Los almidones B y H se caracterizaron por presentar la menor sinéresis luego del calentamiento de las suspensiones. Estos resultados pueden atribuirse en el caso del almidón B a su alto GS, porque la acetilación disminuye la retrogradación. Las propiedades de retrogradación, las cuales están relacionadas con el contenido de amilosa y la longitud de las cadenas de almidón, reflejan la capacidad de combinación entre los gránulos de almidón y el agua. Cuanto más alto contenido de amilosa tenga el gránulo, más fuerte es la tendencia a la retrogradación (Liu et al., 2014). Esta relación directa se observa para el almidón modificado S, que presentó el mayor contenido de amilosa y el mayor porcentaje de sobrenadante.

El entrecruzamiento es una de las modificaciones químicas que no fue evaluada en este trabajo. Los almidones entrecruzados tienen baja tendencia a la retrogradación que puede atribuirse a la introducción de grupos fosfatos, que permiten una mejor afinidad con el agua. Sin embargo, el almidón de papa contiene naturalmente un alto contenido de fosfatos que le otorga un significativo carácter polielectrolítico que previene la retrogradación (Kelly et al., 1995). Los almidones U, B y H gelifican en frío a concentraciones del 20% (p/v) en HCl 0,1 M. La gelificación en frío indicaría la presencia de polímeros cargados negativamente que neutralizan su carga en condiciones ácidas para formar un gel.

#### 4. Conclusiones

La apariencia granular del almidón varió notablemente según su origen, como así también del tipo de modificación química que haya presentado el gránulo. Asimismo, se lograron establecer afinidades y contrastes entre algunas de las propiedades

fisicoquímicas y la morfología de los almidones modificados, restando para otros trabajos el análisis del comportamiento reológico.

## **5. Agradecimiento**

Al Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional de Luján, proyecto “Diseño de nano-microestructuras para alimentos”.

## **5. Bibliografía**

- Baker, A., Miles, M. y Helbert., W. (2001). Internal structure of the starch granule revealed by AFM. *Carbohydrate research* 330, 249 - 256.
- Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Zamudio-Flores, P. B., Mendez-Montecalvo, G. y Rodríguez-Ambríz, S. L. (2010). Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch. *LWT - Food Science and Technology* 43, 1434-1440.
- Cai, C. y Wei, C. (2013). In situ observation of crystallinity disruption patterns during starch gelatinization. *Carbohydrate Polymers* 92, 469- 478.
- Kelly, R. J., Van Wagenberg, M., Latham, J. y Mitchell, J. R. (1995). A rheological comparison between the effects of sodium caseinate on potato and maize starch. *Carbohydrate Polymers* 28, 347-350.
- Liu, Jianhua, Wang, Bin, Lin, Long, Zhang, Jianyou, Liu, Weilin, Xie, Jianhua y Ding, Yuting (2014). Functional, physicochemical properties and structure of cross-linked oxidized maize starch. *Food Hydrocolloids* 36 45-52.
- Medina, J. y Salas, J. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería* 27, 56-62.
- Mirmoghtadaie, L., Kadivar, M. y Shahedi, M. (2009). Effects of cross-linking and acetylation on oat starch properties. *Food Chemistry* 116, 709-713.
- Sangseethong, K., Termvejsayanon, N. y Sriroth, K. (2010). Characterization of physicochemical properties of hypochlorite- and peroxide-oxidized cassava starches. *Carbohydrate Polymers* 82, 446-453.
- Tethool, E. F., Jading, A. y Santoso, B. (2012). Characterization of physicochemical and baking expansion properties of oxidized Sago starch hydrogen peroxide and sodium hypochlorite catalyzed by UV radiation. *Food Science and Quality Management* 10, On line.

# 27TCA - EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LEPTOCARPHA RIVULARIS: COMPARACIÓN DE EXTRACTOS OBTENIDOS POR HIDRODESTILACIÓN Y EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA CON CO<sub>2</sub>

UQUICHE, E.<sup>1,2</sup>; GARCÉS, F.<sup>1</sup>

**1. Departamento de Ingeniería Química y Centro de Biotecnología de Alimentos y Bioseparaciones (BIOREN), Universidad de La Frontera, Francisco Salazar 01145, Temuco 4811230, Chile. Email [edgar.uquiche@ufrontera.cl](mailto:edgar.uquiche@ufrontera.cl)**

**2. Unidad Tecnología y Procesos, Centro Genómica Nutricional Agro-acuícola (CGNA), Temuco 4791057, Chile.**

## Resumen

La *Leptocarpha rivularis* es una planta medicinal utilizada para el tratamiento de enfermedades debido a las propiedades de sus aceites esenciales. Los aceites esenciales se extraen por hidrodestilación, lo que puede afectar las propiedades de los extractos debido a que la hidrodestilación opera a temperaturas de ebullición. La extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico es una tecnología que permite extracciones selectivas debido a la modificación del poder solvente del CO<sub>2</sub> por cambios en la temperatura y presión, y se ha aplicado en la extracción de aceites esenciales. El objetivo de este trabajo fue estudiar el rendimiento y la capacidad antioxidante de extractos de *L. rivularis* obtenidos CO<sub>2</sub> supercrítico y su comparación con extractos obtenidos por hidrodestilación. Las extracciones se realizaron en un extractor Applied Separation bajo un diseño factorial 3<sup>2</sup> que resultó de la combinación de 3 niveles de temperatura (40–60 °C) y 3 niveles de presión (9–15 MPa). La temperatura y presión afectaron las respuestas estudiadas ( $p \leq 0,05$ ). El mayor rendimiento y capacidad antioxidante fueron obtenidos a 40 °C y 15 MPa, superior a los obtenidos por la hidrodestilación ( $p \leq 0,05$ ). Aceites esenciales obtenidos por extracción supercrítica permitiría recuperar extractos con mejor propiedad funcional.

## 1. Introducción

La *Leptocarpha rivularis* es una planta endémica de Chile crece entre el Maule y Valdivia, y es más conocida como “palo negro”. Este arbusto es utilizado en medicina popular, se emplea en infusiones contra infecciones estomacales. Se han reportado estudios del uso de componentes de esta planta para el tratamiento de enfermedades como la leucemia y diabetes debido a sus propiedades medicinales, siendo estas propiedades relacionadas a sus aceites esenciales. Los aceites esenciales representan una pequeña fracción de la composición de una planta, corresponden a una mezcla compleja de compuestos volátiles especialmente terpenos y sesquiterpenos y compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, fenoles, óxidos, éteres y ésteres). En literatura se ha informado importante actividad antioxidante de los aceites esenciales. Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de un radical libre (especie química con un electrón desapareado en su orbital más externo) mediante la liberación de electrones que son captados por los radicales libres. Convencionalmente los aceites esenciales se extraen por hidrodestilación, sin embargo esta técnica puede afectar las propiedades de los extractos debido a que la hidrodestilación opera a temperaturas de ebullición. La extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico es una tecnología que se aplica en la extracción de aceites esenciales. Esta tecnología permite extracciones selectivas debido a la modificación del poder solvente por cambios en la temperatura y

presión del CO<sub>2</sub>. Además, al operar a bajas temperaturas, reduce los efectos negativos de la hidrodestilación. Las propiedades físico-químicas de los fluidos supercríticos son intermedias entre gases y líquidos, lo que implica un alto poder de solvatación con una elevada difusividad, acortando el tiempo de extracción, aumentando el rendimiento de la extracción y mejorando calidad de los extractos (Wang y Weller, 2006).

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la temperatura y presión sobre el rendimiento de extracción y actividad antioxidante de aceites esenciales usando CO<sub>2</sub> supercrítico y su comparación con extractos obtenidos por hidrodestilación.

## 3. Metodología

*Materia prima.*- Se utilizó hojas de *L. rivularis* provenientes de la ciudad de Valdivia, XIV Región, Chile. Se obtuvieron sólo las hojas exentas de tallos y flores con una humedad de 9,2%. Como pretratamiento para la extracción las hojas se colocaron dentro de un congelador a -60 °C por 48 h, luego muestras 10 g se molieron en una Moulinex y se guardaron dentro de bolsas de papel y polietileno, mantenidas bajo refrigeración hasta su posterior uso.

*Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico.*- Las extracciones se realizaron en una unidad de desarrollo de procesos Spe-ed SFE 2 (Applied Separation Inc., Pennsylvania) usando un recipiente de 50 mL, donde se cargaron 17 g de sustrato. Las extracciones se realizaron bajo 9 condiciones que resultó de la combinación de tres niveles de temperatura (40, 50 y 60 °C) y tres niveles de presión (9, 12 y 15 MPa). Cada extracción se realizó a una velocidad superficial constante de 1,2 mm/s hasta completar un consumo específico de 25 kg CO<sub>2</sub> por kg de sustrato. Los extractos se recolectaron en viales de 60 mL. La diferencia de peso entre el vial con extracto y el vial vacío permitió determinar el peso de extracto (g) recolectado, y determinar el rendimiento de extracción expresado como g extracto por kg de sustrato seco. Cada ensayo de extracción se realizó en duplicado. El rendimiento se expresó en gramos de aceite por kilogramo de sólido seco (g/kg SS). Posteriormente, a los extractos se les determinó la actividad antioxidante.

*Extracción por hidrodestilación.*- La extracción de aceites esenciales se realizó por 4 h usando un extractor Clavenger. Se cargaron 20 g de hojas secas en 500 mL de agua destilada en un balón de 1 L (Khajeh et al., 2004). El destilado obtenido se cuantificó en una bureta de 10 mL, donde se dejó decantar para separar fases por diferencia de densidades entre el aceite y el agua. El aceite se recolectó en un frasco de vidrio y se mantuvo bajo refrigeración hasta su análisis. Se determinó el rendimiento de extracción y la actividad antioxidante del extracto.

*Determinación de la actividad antioxidante.*- La actividad antioxidante se determinó mediante el método de inhibición del radical DPPH (Brand-Williams et al., 1995). Se prepararon dos soluciones. (1) solución de DPPH: se disolvió una cantidad de 0,00394 g de DPPH en un volumen de 25 mL de etanol p.a., agitándose y dejando en reposo por 30 min bajo oscuridad. (2) solución de TROLOX: se disolvió 0,0025 g de TROLOX en un volumen de 5 mL de etanol p.a. y 5 mL de agua desionizada. La absorbancia se midió a 520 nm en cubeta de vidrio en un espectrofotómetro Genesys 10S (Thermo Fisher Scientific Inc., US). La actividad antioxidante fue expresada en mmol de TROLOX equivalente/g de extracto (mmol TE/g ext). Las mediciones se realizaron en duplicado. Estándar de TROLOX y reactivo DPPH se adquirieron de Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO) y Calbiochem Co. (San Diego, CA), respectivamente.

*Análisis estadístico.*- Ambas respuestas fueron ajustadas a un modelo de superficie de respuesta de segundo orden (Ec. 1) en función de la temperatura codificada ( $X_1$ , Ec. 2, donde  $T$  es la temperatura en °C), y la presión codificada ( $X_2$ , Ec. 3, donde  $P$  es la presión en MPa).

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_{12}X_1X_2 + A_{11}X_1^2 + A_{22}X_2^2 \quad (1)$$

$$X_1 = \frac{T-50}{10} \quad (2)$$

$$X_2 = \frac{P-12}{3} \quad (3)$$

donde  $A_0$  es una constante;  $A_1$  y  $A_2$  son coeficientes lineales;  $A_{12}$  es el coeficiente de interacción, y;  $A_{11}$  y  $A_{22}$  son coeficientes cuadráticos. La superficie de respuesta fue generada con esta ecuación. El buen ajuste del modelo fue evaluado por un análisis de varianza. Los coeficientes fueron estimados usando el programa Design Expert Design-Expert Software, version 6.0.1 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN). La significancia estadística se estimó con base a un nivel de confianza de 95%.

#### 4. Resultados

La Tabla 1 muestra que el rendimiento de extracción ( $Y_1$ ) estuvo en un rango entre 23,54 y 42,62 g/kg SS, mientras que la actividad antioxidante ( $Y_2$ ) se encontró entre 0,60 y 1,84 mmol/g ext. La Tabla 2 muestra los indicadores estadísticos, que indican la idoneidad del modelo de segundo orden para describir datos experimentales, mostrando por ejemplo, un alto coeficiente de regresión ( $r^2$ ). Aún cuando para  $Y_2$  la falta de ajuste fue significativa, los demás indicadores muestran una alta razón señal/ruido ( $>4$ ) y una baja covarianza (CV), además el modelo fue construido con sólo coeficientes significativos ( $p < 0,05$ ).

**TABLA 1.** Resultados de la extracción de *L. rivularis* a distintas condiciones de temperatura y presión de extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico

T (°C)	P (MPa)	$X_1$ (-)	$X_2$ (-)	$Y_1$ (g/kg SS)	$Y_2$ (mmol TE/g ext)
40	9	-1	-1	31,79 ± 0,49	0,75 ± 0,01
50	9	0	-1	28,74 ± 1,12	0,62 ± 0,02
60	9	1	-1	23,54 ± 1,18	0,60 ± 0,05
40	12	-1	0	40,52 ± 0,45	1,23 ± 0,02
50	12	0	0	37,72 ± 1,30	1,11 ± 0,05
60	12	1	0	29,80 ± 1,00	0,70 ± 0,02
40	15	-1	1	42,62 ± 0,50	1,84 ± 0,07
50	15	0	1	40,81 ± 2,48	1,66 ± 0,01
60	15	1	1	34,89 ± 0,91	0,97 ± 0,03

**TABLA 2.** Indicadores estadísticos para el modelo de segundo orden de las respuestas rendimiento de extracción ( $Y_1$ ) y actividad antioxidante ( $Y_2$ )

$Y_1$	$Y_2$
-------	-------

Modelo (valor $F$ )	119,4*	67,4*
$r^2$	0,98	0,97
Falta de ajuste	2,85 <sup>ns</sup>	4,04**
Razón señal/ruido	33	24
CV	3,1	9,3

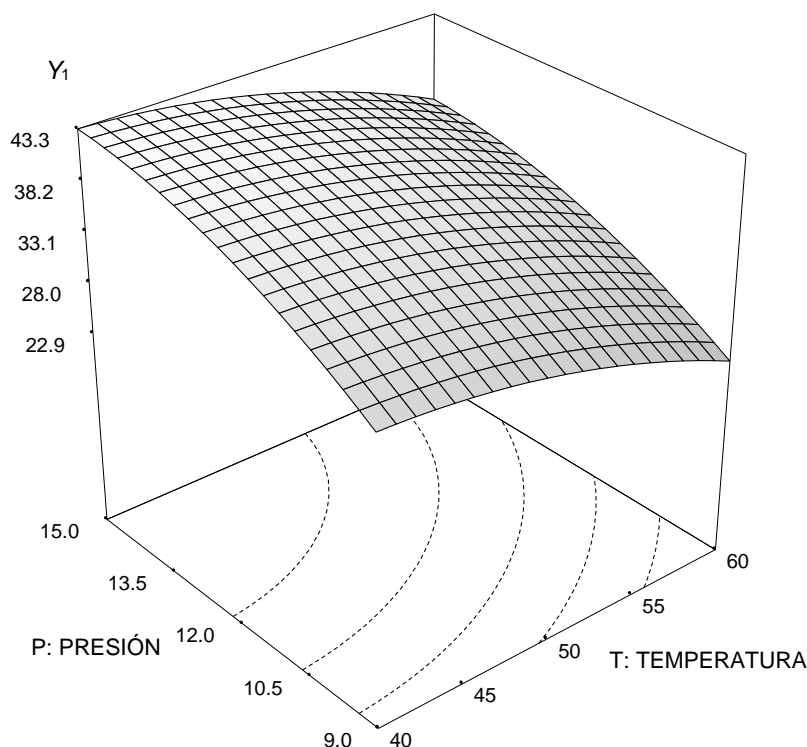
\* Significativo ( $p < 0,0001$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> no significativo

Rendimiento de extracción.- Se obtuvo la ecuación 4 con solo los coeficientes significativos ( $p < 0,01$ ) para describir el rendimiento de extracción en función de la temperatura y presión de extracción. El efecto lineal de la presión (+5,71) fue el efecto más importante, seguido por el efecto lineal de la temperatura (-4,45), el efecto no-lineal de la presión (-2,28) y efecto no-lineal de la temperatura (-1,90). La interacción temperatura y presión no fue significativa ( $p > 0,05$ ).

$$Y_1 = 37,28 - 4,45X_1 + 5,71X_2 - 1,90X_1^2 - 2,28X_2^2 \quad (4)$$

Con la ecuación 4 fue construida la superficie de respuesta para el rendimiento de extracción (Fig. 1). El rendimiento aumentó con el aumento de la presión y la disminución de la temperatura. El mayor rendimiento de 43,3 g/kg SS se obtuvo a 40 °C y 15 MPa, mientras que el menor rendimiento (22,9 g/kg SS) se obtuvo a 60 °C y 9 MPa. El efecto lineal de la presión sobre el rendimiento fue importante en el rango de 9 a 13 MPa a 40 °C, con un aumento de 31,8 a 41,5 g/kg SS (31%). Un incremento adicional hasta 15 MPa resultó en un incremento a 43,3 g/kg SS (4%). El efecto lineal de la temperatura fue importante a 15 MPa, ocurriendo un aumento en el rendimiento de 34,4 a 42,5 g/kg SS (24%) cuando la temperatura de extracción disminuyó de 60 a 45 °C. Con una disminución a 40 °C, el rendimiento aumentó a 43,3 g/kg SS (2%). El poder solvente del CO<sub>2</sub> aumenta cuando la presión aumenta a temperatura constante, debido a su efecto sobre el aumento de la densidad (del Valle y Aguilera et al., 1999). La distancia entre las moléculas de CO<sub>2</sub> se reduce, mejora su interacción con los solutos y así el rendimiento aumenta. Por el contrario, el aumento de la temperatura a presión constante disminuye la densidad y en consecuencia su poder solvente, por lo que el rendimiento de extracción disminuyó. Aun cuando la presión de vapor del soluto aumenta con la temperatura, ésta no fue suficiente para compensar el efecto en la disminución de la densidad.

No existe en literatura reportes para la extracción supercrítica de *L. rivularis*. Donelian et al. (2009) estudiaron la extracción de aceite esencial patchouli (*Pogostemon cablin*) con CO<sub>2</sub> supercrítico a temperaturas de 40–50 °C y presiones de 8,5–14 MPa. El rendimiento de extracción disminuyó de 1,3 a 0,4% cuando la temperatura aumentó de 40 a 50 °C a una presión constante de 8,5 MPa. Se observó similar comportamiento a 14 MPa. Mientras que el rendimiento de extracción aumentó de 1,3 a 5,1% cuando la presión aumentó de 8,5 a 14 MPa a una temperatura constante de 40 °C. A 50 °C, el rendimiento también aumentó con el aumento de la presión. Estos resultados fueron similares a lo informado en este trabajo para el efecto de la temperatura y presión sobre el rendimiento de extracción.



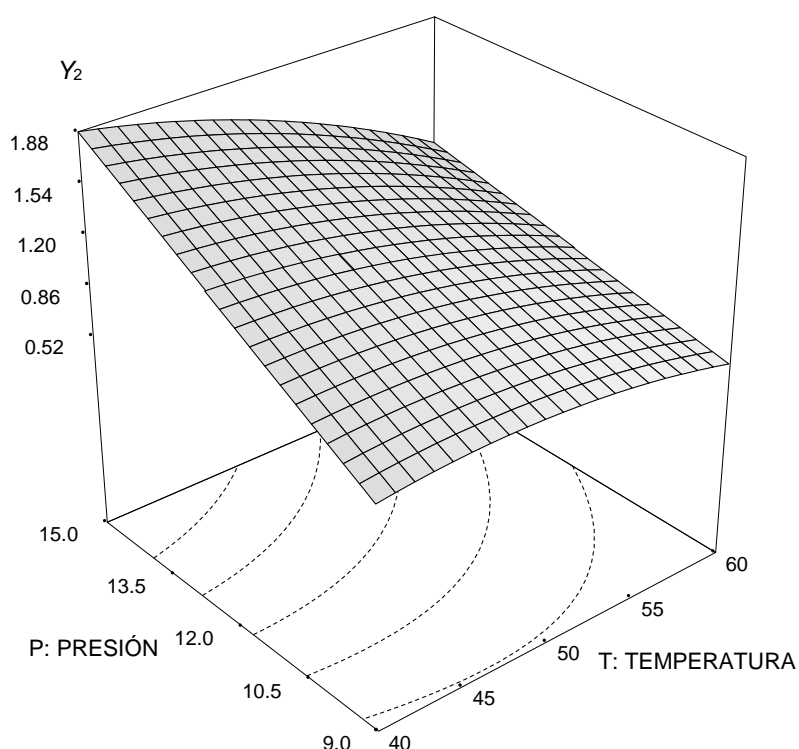
**FIGURA 1.** Superficie de respuesta del rendimiento de extracción ( $Y_1$ , g/kg ss) como una función de la temperatura y presión de extracción con  $\text{CO}_2$  supercrítico

Actividad antioxidante.- La ecuación 5 fue escrita con solo los coeficientes significativos ( $p < 0,01$ ) y describe la actividad antioxidante en función de la temperatura y presión de extracción. El efecto lineal de la presión fue el efecto más importante (+0,417), seguido por el efecto lineal de la temperatura (-0,263), el efecto no-lineal de la presión (-0,116) y la interacción temperatura y presión (-0,18). La actividad antioxidante ( $Y_2$ ) aumentó con el aumento de la presión y disminución de la temperatura de extracción. La mayor actividad antioxidante (1,88 mmol TE/g ext) se obtuvo a 40 °C y 15 MPa, mientras que la menor actividad antioxidante (0,52 mmol TE/g ext) se registró a 60 °C y 9 MPa. Hubo un importante efecto positivo de la presión sobre la actividad antioxidante a 40 °C, obteniéndose un aumento de 0,68 a 1,88 mmol/g ext cuando la presión cambió de 9 a 15 MPa.

$$Y_2 = 1,131 - 0,263X_1 + 0,417X_2 - 0,116X_1^2 - 0,180X_1X_2 \quad (5)$$

El efecto de la temperatura fue dependiente de la presión. El efecto lineal de la temperatura fue importante a 15 MPa, ocurriendo un aumento de la actividad antioxidante de 0,99 a 1,88 mmol/g ext (90%) cuando la temperatura de extracción disminuyó de 60 a 40 °C. Sin embargo a 9 MPa la disminución de la temperatura (60 – 40 °C) cambia la actividad antioxidante de 0,52 a 0,68 mmol/g ext (31%). En nuestro estudio, un mayor rendimiento de extracción también resultó en una mayor actividad antioxidante. La mayor presión (15 MPa) y menor temperatura (40 °C) favorece la mayor extracción componentes con actividad antioxidante como los componentes de los aceites esenciales (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, entre otros). En la

literatura se ha informado el efecto de la temperatura y presión sobre la composición y la actividad antimicrobiana de los extractos. Sin embargo, no se encontró información sobre el efecto de las condiciones de extracción sobre la actividad antioxidante, excepto mediciones realizadas a extractos obtenidos bajo una sola condición de extracción. Por lo que no fue posible contrastar los resultados obtenidos en este trabajo con los informados en la literatura



**FIGURA 2.** Superficie de respuesta de la actividad antioxidante ( $Y_2$ , mmol TE/g extracto) como una función de la temperatura y presión de extracción con  $\text{CO}_2$  supercrítico

El rendimiento de extracción con hidrodestilación fue de  $17,23 \pm 0,47$  g/kg SS muy inferior a los  $42,62 \pm 0,50$  g/kg SS obtenidos a  $40^\circ\text{C}$  y 15 MPa. Similares resultados se han obtenido para la extracción de aceite esencial de jambu (*Spilanthes acmella*) (Dias et al., 2012), de cordia (*Cordia verbenácea*) (Michielin et al., 2009), patchouli (*Pogostemon cablin*) (Donelian et al., 2007). En extractos obtenidos con  $\text{CO}_2$  supercrítico fue mayor la capacidad antioxidante que en los extractos obtenidos por hidrodestilación. Extracto obtenidos con el  $\text{CO}_2$  conservan mucho mejor los compuestos antioxidantes en comparación a los extraídos por la hidrodestilación, de ahí que su capacidad antioxidante sea más alta. Con la metodología DPPH se obtuvo 1,88 mmol TE/g extracto, mientras que para hidrodestilación se obtuvo 0,37 mmol TE/g extracto. Esta gran diferencia es causada principalmente porque en la hidrodestilación se ocupa calor, y esto afecta la termolabilidad de los compuestos antioxidantes presentes en el aceite esencial. Por el contrario, en la extracción supercrítica la temperatura de extracción es baja ( $40^\circ\text{C}$ ) y el tiempo de operación mucho menor ( $<30$  min).



## 5. Conclusiones

Se estudió el efecto de la temperatura y presión de extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico, sobre el rendimiento de extracción y actividad antioxidantes de aceites esenciales de *L. rivularis*. El rendimiento de extracción y la actividad antioxidante aumentaron con el aumento de la presión (9–15 MPa) y con la disminución de la temperatura de extracción (40–60 °C). A condición de 40 °C y 15 MPa se obtuvo el mayor valor para ambas respuestas estudiadas, valores que fueron superiores a los obtenidos por hidrodestilación. Aceites esenciales obtenidos por extracción supercrítica con CO<sub>2</sub> permitiría recuperar extractos con mejor propiedad funcional dada las menores temperaturas de operación y propiedades solventes del fluido supercrítico.

## Agradecimientos

Se agradece el financiamiento al proyecto Fondecyt 1131066, al CONICYT Regional/GORE Araucanía/CGNA/R10C1001 y a la Dirección de Investigación de la Universidad de La Frontera.

## 6. Bibliografía

- Dias, A.M.A.; Santos, P.; Seabra, I.J.; Júnior, R.N.C.; Braga, M.E.M.; de Sousa, H.C. (2012). Spilanthal from *Spilanthes acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. The Journal of Supercritical Fluids, 61, 62–70.
- del Valle, J.M.; Aguilera, J.M. (1999). Revisión: Extracción con CO<sub>2</sub> a alta presión. Fundamentos y aplicaciones en la industria de alimentos. Food Science and Technology Internacional, 5: 1–24.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel -Wissenschaft und Technologie, 28: 25–30.
- Donelian, A.; Carlson, L.; Machado, R. (2009). Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO<sub>2</sub> and by steam distillation. The Journal of Supercritical Fluids, 1: 15–20.
- Khajeh, M.; Yamini, Y.; Bahramifar, N.; Sefidkon, F.; Pirmoradei, M.R. (2005). Comparison of essential oils compositions of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. Food Chemistry, 91: 639–644.
- Michielin, E.M.Z.; Salvador, A.A.; Riehl, C.A.S.; Smânia Jr, A.; Smânia, E.F.A.; Ferreira, S.R.S. (2009). Chemical composition and antibacterial activity of *Cordia verbenacea* extracts obtained by different methods. Bioresource Technology, 100: 6615–6623.
- Wang, J.; Weller, C. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science & Technology, 17: 300–312.

## **28TCA - CALIDAD HIGIENICO-SANITARIA DE POLLOS PROVENIENTES DE DIFERENTES COMERCIOS DE LA CIUDAD DE LA RIOJA, ARGENTINA**

**MALDONADO, V.N.; MORENO, S.M.; CALVO G.A.; TURBAY, A.J.**

**Instituto de Tecnología Agroindustrial. Universidad Nacional de La Rioja.  
Parque tecnológico UNLaR- Beccar Varela y Los Tilos - (5300) La Rioja.  
Argentina. <ita@unlar.edu.ar>**

### **Resumen**

Una de las condiciones de calidad que debe reunir un alimento, además de conservar sus cualidades nutritivas, es la inocuidad, como una forma de prevenir el riesgo de contraer una Enfermedad Transmitida por los Alimentos.

Las Intoxicaciones Alimentarias, son frecuentes cuando las condiciones de higiene de los productos, a lo largo de la Cadena Alimentaria, desde la fuente de materia prima hasta la mesa del consumidor, no aplican parámetros de Seguridad Alimentaria, que están dados por los riesgos de no trabajar o desconocer normas de higiene, conocidas en la industria como Buenas Prácticas de Manufactura.

Según las estadísticas oficiales entre los años 2007 al 2011, promedian 13.299 los casos de gastroenteritis/diarreas en la Capital de La Rioja.

Por todo ello, es que orientamos nuestra investigación en este sentido, apoyándonos en los estudios realizados por organismos oficiales como la OPS, OMS y sobre todo del trabajo efectuado en la vecina provincia de Catamarca, con situaciones epidemiológicas semejante a la nuestra, pero con una diferencia importante en lo referente al origen de los pollos, ya que en La Rioja, proceden en su mayoría, de otras provincias, Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos, lo que nos motivó conocer el estado higiénico sanitario de los mismos. Se considero además que a la Ciudad de La Rioja ingresan semanalmente de 80 a 100 toneladas de pollos congelados y/o refrigerado, lo que hace al consumo per cápita de 30 kg/hab/año.

Fueron examinados 18 comercios de distintos sectores de la ciudad Capital de La Rioja, dedicados a la comercialización de pollos frescos, congelados y/o refrigerados. Se determinó la presencia de aerobios mesófilos, coliformes totales y *E. coli* de acuerdo con las recomendaciones de ICMSF(1996) y *Salmonella spp* de acuerdo a lo recomendado por la FDA (1998) .

Los valores obtenidos para *E. coli* y coliformes totales arrojó un promedio de 91.16 NMP/g y 125,14 respectivamente NMP/g y teniendo en cuenta la detección de bajos niveles de aerobios mesófilos, como así también la ausencia de *Salmonella spp* en las muestras analizadas, da como resultado que el producto sea apto para el consumo humano.

Por consiguiente, se concluyo que no existe el riesgo potencial de aparición de brotes de diarreas o salmonelosis en la población consumidora de este alimento.

### **1. Introducción**

Una de las condiciones de calidad que debe reunir un alimento para su consumo, además de conservar sus cualidades nutritivas y organolépticas, es la de ser seguro sanitariamente. La inocuidad de los alimentos es fundamental para disminuir el riesgo de contraer una Enfermedad Transmitida por los Alimentos (ETA).

De acuerdo con la información brindada por 21 países de América Latina y el Caribe al Sistema Regional de Información para la Vigilancia Epidemiológica sobre las Enfermedades transmitidas por Alimentos (SIRVETA, 2002), en los últimos diez años

se presentaron brotes con una importante incidencia de origen bacteriano. Otro detalle a tener en cuenta es que alrededor del 40 % de los casos se presentó en hogares, por causa de la preparación de alimentos en las familias de América Latina y el Caribe y que los agentes bacterianos de mayor frecuencia son las *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli*. En el ámbito Nacional operan 43 plantas faenadoras de aves registradas en el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Diez empresas concentran el 67 % de la faena registrada en el ámbito nacional. Sin embargo son pocas las que cuentan con altos niveles de adopción tecnológica, como por ejemplo túneles de frío.

Entre las cualidades deseables que se deben relacionar con los alimentos esta la ausencia de microorganismos patógenos. Si bien en la práctica no puede ser posible la ausencia de todos los microorganismos; podemos decir que las buenas prácticas de manufactura (BPM), permiten obtener alimentos con un número tal de microorganismos que no represente un peligro para la seguridad e inocuidad de los alimentos. (Frazier y Westhoff, 1993).

Según FAO 2003 la inseguridad alimentaria afecta al 11% de los habitantes de América Latina y el Caribe, quienes no tienen acceso a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, lo que impide su normal desarrollo físico y mental.

Al problema anterior se suman las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs), como uno de los factores de gran impacto para la salud pública de los países.

Por otro lado la Cumbre Mundial sobre Alimentación efectuada en 1996, estableció que "la seguridad alimentaria se refiere al acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer las necesidades nutricionales y preferencias a fin de llevar una vida sana y activa".

Los pollos congelados, envasados en bolsas de PVC, en cajones y/o bins conteniendo 20 kilos, son transportados en camiones frigoríficos, y luego se conservan en cámaras hasta su distribución final.

La carne de pollo cruda es una fuente importante de microorganismos patógenos tales como *Salmonella spp*, *Campylobacter*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*, causantes todos ellos de enfermedades transmitidas por los alimentos.

La producción de pollos que atiendan los requisitos de seguridad microbiológica agrega valor al producto y traduce eficiencia en el proceso en todas sus etapas. El control de la calidad higiénica de los pollos nos permitirá conocer si han sido procesados siguiendo las B.P.M. lo que evitará la aparición de ETAs.

Las estadísticas confeccionadas a partir de los casos ocurridos, permiten establecer que en orden decreciente de proporcionalidad, alimentos tales como huevos, mayonesa casera y carne de ave, son los que se encuentran implicados con mayor frecuencia en el aislamiento de patógenos entéricos, constituyéndose así en partícipes activos de la vehiculización de las ETAs. Importantes, estas últimas, debido al marcado incremento en los índices de morbilidad y mortalidad, y las cuantiosas pérdidas económicas de las que son responsables a nivel mundial (Malandrini J. et. al. 2002).

De la bibliografía consultada, (Mercado, E. 1983), desarrolló una investigación en colaboración con el Instituto Nacional de Farmacología y Bromatología, sobre la prevalencia de *Salmonella spp* en pollos (*Gallus gallus*) eviscerados en plantas procesadoras de la provincia de Buenos Aires. Este estudio permitió conocer los serotipos presentes: *S. infantis*, *S. kentucky*, *S. montevideo* y *S. anatum*, que predominaron en los aislamientos efectuados. Las investigaciones llevadas a cabo por Caffer y col. (1994) dan cuenta, sin embargo, de la prevalencia del serotipo *enteritidis* en los aislamientos realizados por denuncias de ETAs bacterianas, remitidas para su tipificación al Instituto Nacional de Microbiología “Dr. Carlos Malbrán”.

Si bien, hemos recabado información en la Capital de la provincia de La Rioja, no hemos obtenido datos específicos de los agentes causantes de las gastroenteritis, que según las estadísticas oficiales, entre los años 2007 al 2011, ascendían en promedio a 13.299 (Tabla I - Ministerio de Salud- Dirección del Sistema de Información de Salud, La Rioja. 2012). Pero, se pudo constatar por la información obtenida en la Dirección de Bromatología de la Provincia que, en reiteradas oportunidades, se produjeron intoxicaciones en eventos con gran concurrencia de personas, realizados sobre todo en época estival. Muchos son los casos no reportados a los organismos de salud.

Por todo ello, es que orientamos nuestra investigación en este sentido, apoyándonos en los trabajos realizadas por organismos oficiales como la OPS, OMS, en La Rioja se producen en un 30% y el resto proceden en su totalidad de otras provincias, como Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos, lo que nos motivó a investigar la condición higiénica sanitaria de los pollos comercializados en la ciudad Capital, teniendo en cuenta el aumento de la demanda y considerando que el pollo se ha convertido en el sustituto más importante de la carne vacuna, por el incremento sufrido en el precio de la misma.

Se considero además que a la Ciudad de La Rioja ingresan semanalmente de 80 a 100 toneladas de pollos congelados y/o refrigerado, lo que hace al consumo per cápita de 30 kg/hab/año.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar las condiciones higiénico sanitarias de pollos provenientes de diferentes comercios de la ciudad de La Rioja.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Determinar la presencia de *Salmonella spp*, *E. coli*, aerobios mesófilos y Coliformes totales, como indicadores de contaminación en muestras de carcasas de pollos de proveedores de la ciudad de La Rioja

Sugerir la mejora de las condiciones de comercialización de los pollos en La Rioja, la que resulta inadecuada, para así disminuir las ETAs por ingestión de este tipo de carne contaminada.

### 3. Metodología

Recolección de las muestras. Se recolectaron 54 muestras de pollo crudo, distribuidas de la siguiente manera: 3 por cada comercio expendedor, en empaques preparados de tipo industrial. Estas muestras se obtuvieron de 18 comercios ubicados en las zonas norte, centro y sur de la ciudad capital de La Rioja, Argentina. La cantidad de muestra recolectada osciló entre 250 g y 500 g por presentación. El muestreo se llevó a cabo durante el período de julio a septiembre de 2009. La recolección se realizó cada 15 días en forma simultánea para cada establecimiento. La programación de la recolección se organizó de acuerdo con la disponibilidad del producto para la venta al público y a la obtención de muestras provenientes de diferentes lotes de elaboración.

Los establecimientos comerciales fueron seleccionados de acuerdo con el registro de la Municipalidad del Departamento Capital y clasificados como comercios expendedores de pollos refrigerados y congelados por la misma entidad. Las características de estos supermercados fueron: áreas de operación entre 300 y 400 m<sup>2</sup>, infraestructura e instalaciones de servicios modernas, estar incluidos dentro de la categoría de comercios de consumo masivo variado, tener condiciones óptimas para el expendio de alimentos según regulaciones para el otorgamiento del permiso sanitario y estar ubicados en zonas urbanas de fácil acceso para la población.

Se partió de 10 g de cada muestra de pollo homogeneizados en 90 ml agua con peptona al 0,1% (dilución 1:10) para preenriquecimiento. De esta dilución se tomó 1 ml y se inocularon los siguientes medios por duplicado: placas con agar Plate Count (APC) para bacterias aerobias mesófilas (HiMedia, Mumbai, India); tubos múltiples de cultivo para la determinación de coliformes totales con caldo Mac Conkey (Merck, Darmstadt, Germany) y tubos múltiples de cultivo con caldo Tripton Lauril Sulfato (TCL) para *E. coli* (Merck, Darmstadt, Germany), se incubó durante 48 hs a 37 °C  $\pm$  2°C. Los resultados se expresaron en número mas probable por gramo de muestra (NMP/g de muestra).

Para la determinación de *Salmonella spp* en carne de pollo se siguieron las recomendaciones de la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos.

Se pesaron 25 g de cada muestra de pollo y se homogeneizaron en 225 ml de caldo con lactosa (dilución 1:10). Este caldo se incubó a 35 °C por 24 horas. Luego se realizaron dos diluciones (1:10) adicionales, una en caldo Rappaport Vassiliadis (Oxoid Ltd, Cambridge, England) y otra en caldo Selenito (Oxoid Ltd, Cambridge, England), y se incubaron a 44 °C y 37 °C, respectivamente, por 24 horas. Luego se realizó la siembra por estría desde estos medios de enriquecimiento en agar Salmonella-Shigella (Merck, Darmstadt, Germany) para la observación de colonias típicas. Los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/g muestra).

El conteo de aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli* y *Salmonella spp* se realizó de acuerdo con las recomendaciones de ICMSF(1996).

TABLA I: Estadísticas de Diarreas – Toxiinfección Alimentaria

A ñ o s	2 0 0 7	2008	2009	2010	2011
D i a r r e a s	1 1 . 3 5 2	1 3 . 5 5 4	16.205	12.230	13.154
T o x i i n f e c c i ó n A l i m e n t a r i a	1 8 3	1 9 2	3 9 6	148	192

Fuente: Dirección de Epidemiología – Ministerio de Salud – La Rioja

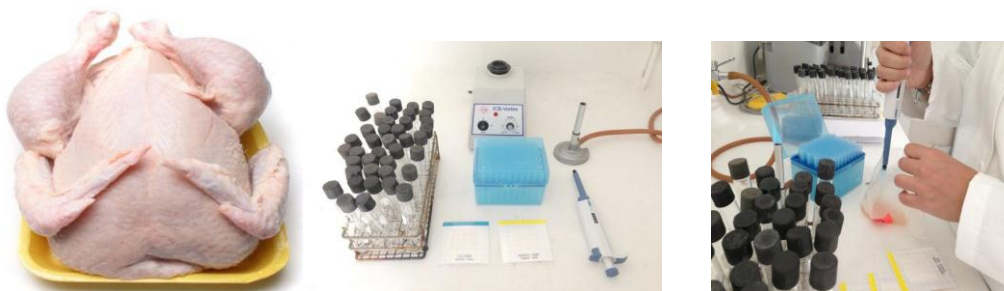


Figura 1. Muestra de Pollo. Enriquecimiento - Siembra en caldo de cultivo MacKonkey.

#### 4. Resultados

Los datos finales presentados se refieren a 18 casas expendedoras de pollos de granja, relevados en la ciudad de La Rioja, de los cuales el 80 % han reconocido en la encuesta realizada, que conocen parcialmente las normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y la reglamentación vigente actualizada; y el 20% restante las desconocen, por lo tanto, se aplican parcialmente o no se aplican.

La interpretación de los resultados del análisis de la calidad microbiológica de las muestras de carne de pollo, se realizó de acuerdo con los parámetros establecidos por la norma N° 2343 (COVENIN) y el C.A.A.(TABLA II), que expresa para bacterias aerobias mesófilas, como valor inferior  $m=10^6$  UFC/g y como valor superior  $M=10^7$  UFC/g, para coliformes totales y *E. coli* como valor inferior  $m=100$  NMP/g y valor superior  $M=500$  NMP/g y para *Salmonella spp* ausencia en 25 g de muestra.

Los resultados fueron expresados teniendo en cuenta estos límites (TABLA III).

Se ha obtenido como resultado que el 97 % de las muestras analizadas de pollos crudos listos para la venta no presentaron niveles de contaminación que excedan los niveles permitidos por la legislación vigente (CAA, 2011), para bacterias coliformes totales, aerobios mesófilos, *E. coli* y *Salmonella spp*.

Debemos destacar que se ha mantenido la confidencialidad de los datos obtenidos, (tanto para los establecimientos y/o personas encuestadas), designando a cada establecimiento con un número para el tratamiento de los datos estadísticos.

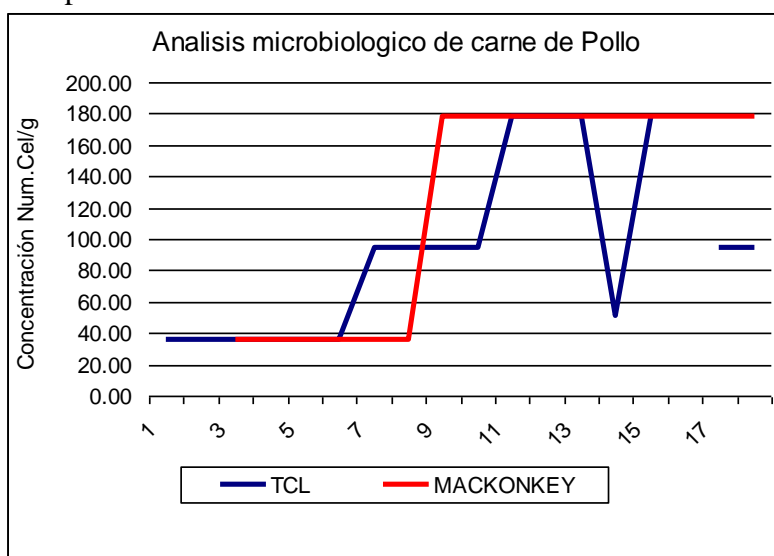
TABLA II . Criterios de Aceptación Obligatorios – Complementarios para carne de pollo cruda.

Determinación	Resultados
Recuento de Aerobios Mesófilos /g	$n=5$ , $c=3$ , $m=10^6$ , $M=10^7$
<i>Escherichia coli</i> /g	$n=5$ , $c=2$ , $m=100$ , $M=500$
Bacterias coliformes	$n=5$ , $c=2$ , $m=100$ , $M=500$
<i>Salmonella spp</i> .	$n=5$ , $c=0$ Ausencia /25g

TABLA III . Valores obtenidos para *E.Coli*, coliformes totales, aerobios mesofilos y *Salmonella spp*

Nº	Establecimiento	TCL	MAC	APC	SS
1	Comercio 001	35.70	15.00	3.00E+01	NHD
2	Comercio 002	35.70	15.00	1.50E+02	NHD
3	Comercio 003	35.70	35.70	5.00E+02	NHD
4	Comercio 004	35.70	35.70	1.50E+03	NHD
5	Comercio 005	35.70	35.70	1.50E+02	NHD
6	Comercio 006	35.70	35.70	1.00E+04	NHD
7	Comercio 007	94.80	35.70	1.00E+03	NHD
8	Comercio 008	94.80	35.70	1.00E+04	NHD
9	Comercio 009	94.80	178.80	1.50E+03	NHD
10	Comercio 010	94.80	178.80	1.00E+05	NHD
11	Comercio 011	178.80	178.80	1.50E+03	NHD
12	Comercio 012	178.80	178.80	2.00E+03	NHD
13	Comercio 013	178.80	178.80	5.00E+02	NHD
14	Comercio 014	51.60	178.80	5.00E+02	NHD
15	Comercio 015	178.80	178.80	5.00E+02	NHD
16	Comercio 016	ND	178.80	5.00E+02	NHD
17	Comercio 017	94.80	178.80	5.00E+02	NHD
18	Comercio 018	94.80	178.80	5.00E+02	NHD

Grafico N°1. Comparación de valores obtenidos en medio de cultivo TCL Mackonkey



## 5. Conclusiones

Los hallazgos obtenidos en esta investigación permitieron determinar que los pollos crudos que son puestos a la venta en los establecimientos comerciales estudiados, cumplen con la calidad microbiológica adecuada para ser considerados un alimento inocuo. La detección de bajos niveles de aerobios, *coliformes totales*, *E. coli* y *Salmonella spp* en las muestras analizadas hace que el producto sea apto para el consumo humano.

Por consiguiente, no existe el riesgo potencial de aparición de brotes de diarreas o salmonelosis en la población consumidora de este alimento. En conclusión, este estudio proporciona una valiosa información epidemiológica preliminar que revela la importancia de mantener e intensificar los controles higiénico-sanitarios, así como la adopción de buenas prácticas de manufactura y la aplicación de procedimientos basados

en los principios de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en toda la cadena alimentaria.

## 6. Bibliografía

- Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos. Centro para la Seguridad de Alimentos y Nutrición Aplicada FDA/CFSAN. Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los Alimentos, en el Caso de Frutas y Vegetales Frescos (1998).
- Barbini N.B., Velázquez L, Escudero M.E., Lucero Estrada C.S.M., Chinen I., Guzmán A.M.. (2004). *Escherichia coli* productor de toxina Shiga en alimentos cárnicos en San Luis. XVII Congreso Latinoamericano de Microbiología y X Congreso Argentino de Microbiología. Sociedad Argentina de Microbiología. Argentina.
- Blaser M.J., Newman L.S. (1982). Review of human Salmonellosis I. Infective dose(1982). Reviews of Infectious Diseases, 4: 1096.
- Caffer M. I., Eiguer T. (1994) *Salmonella Enteritidis* in Argentina. Int. J. Food Microbiology 21 pp. 15-19
- Código Alimentario Argentino. SAGPyA N° 79/04 y 500/04. (2011) artículos 156 tris.
- Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos CAC/RCP 1:1969, Rev.4/2003.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1986). Carne, Productos Cárnicos. Pollo Beneficiado, Norma: 2343 (86). ICS 67.120.10.
- Disponible en:  
URL: [http://www.ub.edu.ar/revistas\\_digitales/Ciencias/Vol5Numero3/cientificas.htm](http://www.ub.edu.ar/revistas_digitales/Ciencias/Vol5Numero3/cientificas.htm).
- Cortínez Y.M., Velázquez L., Escudero M.E., Caffer M.I., Fernández Cobo M., Guzman A.M.S. (1995). *Salmonella* serotypes from surface waters in San Luis, Argentina. Revista de Microbiología. 26: 180-185.
- Dirección General de Normas y Tecnología Industrial-Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas. DGNTI-COPANIT 33-480(2007). Carnes de ave, pollo, gallina y gallo procesado listo para cocinar (crudo), entero, en cortes y sus menudos.
- Disponible en:  
URL :[http://www.ub.edu.ar/revistas\\_digitales/Ciencias/Vol5Numero3/cientificas.htm](http://www.ub.edu.ar/revistas_digitales/Ciencias/Vol5Numero3/cientificas.htm).
- Elmi M. (2004). Food safety: current situation, unaddressed issues and the emerging priorities. Eastern Mediterranean Health Journal. 10: 794–800.
- Fairbrother J.M., Nadeau E. (2006). *Escherichia coli*: on-farm contamination of animals. Review Scientific and Technical. 25:555-569.
- FAO, Roma (2006). Conferencia Regional FAO/OMS sobre Inocuidad de los Alimentos para las Américas y el Caribe. Costa Rica. Informe Final.
- Disponible en:  
URL :[http://www.fao.org/righttofood/publi\\_01\\_es.htm](http://www.fao.org/righttofood/publi_01_es.htm)
- Frazier, W.;D. C. Westhoff, D.C. (1.993). "Microbiología de los Alimentos". Editorial Acribia S.A.
- Gomez de Diaz R.V. et al (2009). Determinación de microorganismos indicadores en comidas regionales de Salta, Argentina. III Congreso Internacional de ciencia y Tecnología de los alimentos. Pag 290.
- Gomez Duarte O.G., Bai J., Newell E. (2008). Detection of *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *shigella spp*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio cholerae* and *Campylobacter spp enteropathogens* by 3-reaction multiplex polymerase chain reaction. Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. In press. Doi:10.1016/j.diagmicrobio 2008.09.006



International Commission on Microbiological Specifications for Foods. ICMSF.(1996).  
 Leotta G.A., Miliwebsky E.S., Chinen I., Espinosa E.M., Azzopardi K., Tennant S.M.,  
 Robins-Browne R.M., Rivas M. (2008). Characterization of Shiga toxin-producing  
 Escherichia coli O157 strains isolated from humans in Argentina, Australia and New  
 Zealand. BMC Microbiology. 8:46.

Malandrini J., Pizarro C., Reccioni L y Kariskausky N. (2002) Microorganismos  
 presentes en carcasas de pollo. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología. UNCa.

Mercado E (1983) *Salmonella* en pollos eviscerados provenientes de plantas  
 procesadoras del Gran Buenos Aires. Revista Argentina de Microbiología 15 (4). pp  
 187-191

Moore J., Corcoran D., Dooley J., Fanning S., Lucey B., Matsuda M., et al.(2005).  
 Campylobacter. Veterinary Research (2005). 36: 351–382

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. NTON 03 041-03(1999). Pollo beneficiado  
 listo para cocinar (pollo crudo) entero y en cortes, y sus menudos.  
 Disponible en: [http://www.bvspública.org.ni/doc/regulacion/compendio\\_normas.pdf](http://www.bvspública.org.ni/doc/regulacion/compendio_normas.pdf).

Norma Técnica Peruana. NTP 201.054(2001). Carne y productos cárnicos. Aves para  
 consumo. Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de pollo,  
 gallinas, gallos, pavos, patos y gansos.  
 Disponible en: URL: <http://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/25936/7874.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación(2009).  
 Oficina Regional para América Latina y el Caribe FAO, RLC. Panorama de la  
 seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe .

SIRVETA / INPPAZ / OPS/ OMS. (2002) Sistema de Vigilancia de las Enfermedades  
 Transmitidas por los alimentos; periodo 1997-2002

## **29TCA - ALIMENTOS FUNCIONALES REGIONALES: EFECTO DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN SOBRE LA ACTIVACIÓN DE MASTOCITOS**

**CARENA, M.P.; MARIANI, M.L.; ORDÓÑEZ, A.; PENISSI, A.B.**  
**[apenissi@yahoo.com.ar](mailto:apenissi@yahoo.com.ar)**

**Instituto de Histología y Embriología (IHEM-CONICET), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.**

### **Resumen**

Los mastocitos son células que juegan un rol central en la génesis y modulación de las respuestas alérgicas e inflamatorias. El presente trabajo está relacionado con la investigación biomédica de productos regionales y plantea el estudio de la interacción entre mastocitos y principios bioactivos presentes en alimentos funcionales como el aceite de oliva. Objetivos específicos: 1) Realizar estudios dosis-respuesta del efecto de los principales aditivos de uso alimentario permitido (tartrazina, bisulfito de sodio y benzoato de sodio) sobre la degranulación mastocitaria y 2) Realizar estudios dosis-respuesta del efecto de principios bioactivos del aceite de oliva virgen (hidroxitirosol y oleuropeína) sobre la degranulación mastocitaria inducida por aditivos alimentarios activadores de mastocitos. Los mastocitos purificados fueron incubados con: 1) solución buffer ó 2) estímulo ó 3) hidroxitirosol+estímulo ó 4) oleuropeína+estímulo. Los estímulos fueron tartrazina, benzoato de sodio, bisulfito de sodio, concanavalina A (ConA) y el ionóforo de calcio A23187. Se utilizaron diferentes dosis y combinaciones de aditivos alimentarios, como también diferentes dosis de hidroxitirosol y oleuropeína. La viabilidad de los mastocitos se evaluó con azul tripán. En las soluciones de incubación se cuantificó la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa por reacción colorimétrica y lector de placas ELISA. En las células se estudió la concentración de  $\beta$ -hexosaminidasa remanente (no liberada) luego de las incubaciones y la morfología de los mastocitos por microscopía óptica con azul de toluidina. Los aditivos alimentarios tartrazina, benzoato de sodio y bisulfito de sodio no estimularon la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa a partir de mastocitos en ninguna de las concentraciones utilizadas. Por el contrario, benzoato de sodio y bisulfito de sodio en concentraciones de 0,1  $\mu$ M y 1  $\mu$ M inhibieron significativamente la liberación basal de  $\beta$ -hexosaminidasa a partir de mastocitos. Considerando estos hallazgos, se decidió determinar el efecto de estos aditivos y de fenoles del aceite de oliva virgen sobre la degranulación de mastocitos inducida por el ionóforo de calcio A23187 y ConA. El presente estudio demuestra que los aditivos alimentarios de uso habitual permitido no estimulan la degranulación basal de mastocitos en un modelo *in vitro* de mastocitos peritoneales. Los fenoles del aceite de oliva virgen, hidroxitirosol y oleuropeína, y el aditivo alimentario bisulfito de sodio, inhiben la activación de mastocitos inducida por el ionóforo de calcio A23187 y por ConA en este mismo modelo experimental. Estos compuestos podrían representar alternativas interesantes en el tratamiento y/o prevención de patologías mediadas por mastocitos, como también en el campo de la bioquímica nutricional.

### **1. Introducción**

Los mastocitos son células especializadas del tejido conectivo que juegan un rol central en la génesis y modulación de las respuestas alérgicas e inflamatorias (Galli y col., 2008; Kawakami y col., 2009; Hofmann y Abraham, 2009; Stone y col., 2010). El

presente trabajo está relacionado con la investigación biomédica de productos regionales y plantea el estudio de la interacción entre mastocitos y principios bioactivos presentes en alimentos funcionales como el aceite de oliva.

Si bien se ha demostrado el poder antioxidante de hidroxitirosol y oleuropeína presentes en el aceite de oliva virgen (Visioli y col., 2000; Beauchamp y col., 2005; Smith y col., 2005; Turner y col., 2005), hasta el momento no se conocen los efectos de estos compuestos sobre la activación de mastocitos inducida por aditivos alimentarios con posibles efectos alergénicos.

Hipótesis 1. Considerando las propiedades alergénicas descritas por algunos autores de los principales aditivos de uso alimentario permitido (tartrazina, bisulfito de sodio y benzoato de sodio) (Freedman, 1977; Safford y Goodwin, 1984; Collado y col., 2006), nuestra primera hipótesis de trabajo plantea que estos aditivos alimentarios estimulan la degranulación de mastocitos. En caso de que esta hipótesis sea confirmada, se pasará a la verificación de la segunda hipótesis. En caso contrario, se realizarán las modificaciones correspondientes tanto a la segunda hipótesis como al segundo objetivo específico.

Hipótesis 2. Teniendo en cuenta: a) la capacidad antioxidante de oleuropeína e hidroxitirosol; b) que el proceso de activación de mastocitos incluye la producción de especies reactivas del oxígeno y c) que moléculas antioxidantes como los flavonoides y la deshidroleucodina inhiben la activación de mastocitos (Penissi y col. 2008), nuestra segunda hipótesis de trabajo plantea que las moléculas antioxidantes oleuropeína e hidroxitirosol inhiben la activación de mastocitos inducida por aditivos alimentarios con propiedades alergénicas, disminuyendo así la producción de mediadores de respuesta inflamatoria.

## **2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar la acción de componentes bioactivos de alimentos funcionales regionales sobre procesos inmunitarios e inflamatorios mediados por mastocitos.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar estudios dosis-respuesta del efecto de los principales aditivos de uso alimentario permitido (tartrazina, bisulfito de sodio y benzoato de sodio) sobre la degranulación mastocitaria.
2. Realizar estudios dosis-respuesta del efecto de principios bioactivos del aceite de oliva virgen (hidroxitirosol y oleuropeína) sobre la degranulación mastocitaria inducida por aditivos alimentarios activadores de mastocitos.

## **3. Metodología**

### **COMPUESTOS ENSAYADOS**

Hidroxitirosol y oleuropeína fueron adquiridos en Extrasynthèse (Lyon, Francia). Los aditivos alimentarios tartrazina, benzoato de sodio y bisulfito de sodio, como también concanavalina A y el ionóforo de calcio A23187 fueron adquiridos en Sigma.

### **ANIMALES**

Se utilizaron ratas machos adultas de la cepa Wistar (n=30), mantenidas en el ratario de nuestro Instituto bajo estricto control de alimentación, temperatura y períodos de luz/oscuridad. Los animales se sacrificaron por inhalación con dióxido de carbono en una cámara diseñada para tal fin.

### **ASLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE MASTOCITOS DE RATA**

Los mastocitos se obtuvieron por lavado peritoneal con solución fisiológica. Los mastocitos fueron purificados en gradiente discontinuo de solución estéril de Percoll. La

pureza de las células se evaluó por tinción con azul de toluidina al 1%. Para los ensayos se utilizaron preparaciones con pureza del 95-100%. La viabilidad de los mastocitos se evaluó con azul tripán.

#### PROTOCOLO GENERAL

Los mastocitos purificados fueron incubados con: 1) solución buffer ó 2) estímulo ó 3) hidroxitirosol+estímulo ó 4) oleuropeína+estímulo. Los estímulos fueron tartrazina, benzoato de sodio, bisulfito de sodio, concanavalina A y el ionóforo de calcio A23187. Se utilizaron diferentes dosis y combinaciones de los aditivos alimentarios (estas dosis incluyen las que se utilizan habitualmente en los alimentos y las referidas por la bibliografía al respecto), como también diferentes dosis de hidroxitirosol y oleuropeína. La viabilidad de los mastocitos se evaluó con azul tripán. En las soluciones de incubación se cuantificó la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa por reacción colorimétrica y lector de placas ELISA (la liberación de esta enzima se utiliza como marcador de degranulación de mastocitos). En las células se estudió la concentración de  $\beta$ -hexosaminidasa remanente (no liberada) luego de las incubaciones y la morfología de los mastocitos por microscopía óptica con azul de toluidina.

#### CUANTIFICACIÓN DE $\beta$ -HEXOSAMINIDASA

Los niveles de  $\beta$ -hexosaminidasa, tanto en las soluciones de incubación como en las células remanentes, se realizó por reacción colorimétrica y lector de placas ELISA.

#### MICROSCOPIA ÓPTICA CON AZUL DE TOLUIDINA

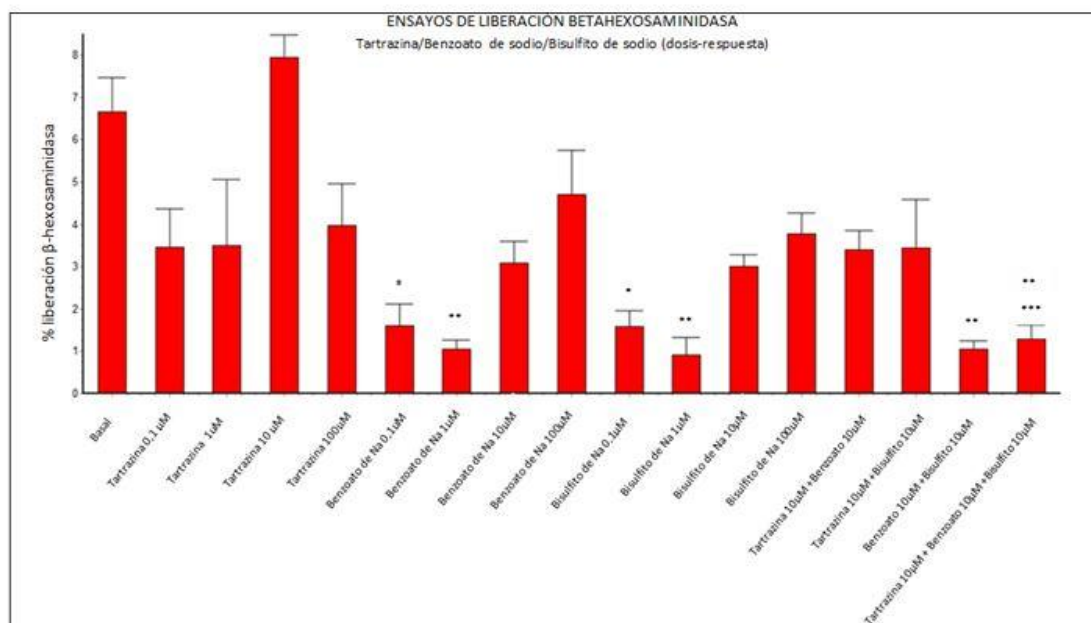
Las muestras fueron fijadas en una solución que contenía glutaraldehído 5% y formaldehído 4% en buffer cacodilato 0,1 M (pH=7,2). Después de 1 h en el fijador, las células fueron resuspendidas y una alícuota de dicha resuspensión fue colocada sobre un portaobjetos, coloreada con azul de toluidina en HCl 0,7N, montada con cubreobjetos y observada en un microscopio óptico Olympus CH-2. Se tomaron microfotografías de dichas preparaciones.

#### TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los resultados fueron analizados utilizando análisis de la varianza de tipo 1 (ANOVA-1) seguido por la prueba de Tukey-Kramer.  $P < 0,05$  fue considerado estadísticamente significativo.

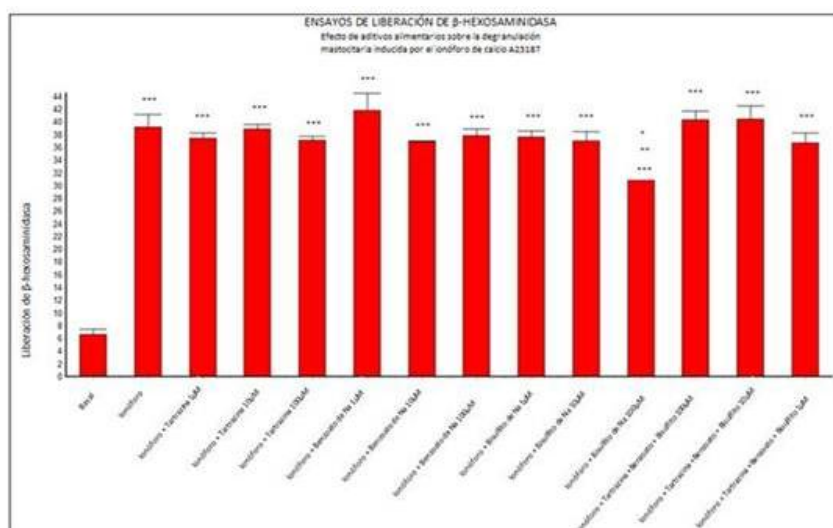
## 4. Resultados

Los aditivos alimentarios tartrazina, benzoato de sodio y bisulfito de sodio no estimularon la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa a partir de mastocitos en ninguna de las concentraciones utilizadas. En nuestro diseño experimental estos compuestos no se comportaron como secretagogos de mastocitos. Por el contrario, benzoato de sodio y bisulfito de sodio en concentraciones de 0,1  $\mu$ M y 1  $\mu$ M inhibieron significativamente la liberación basal de  $\beta$ -hexosaminidasa a partir de mastocitos (Figura 1).

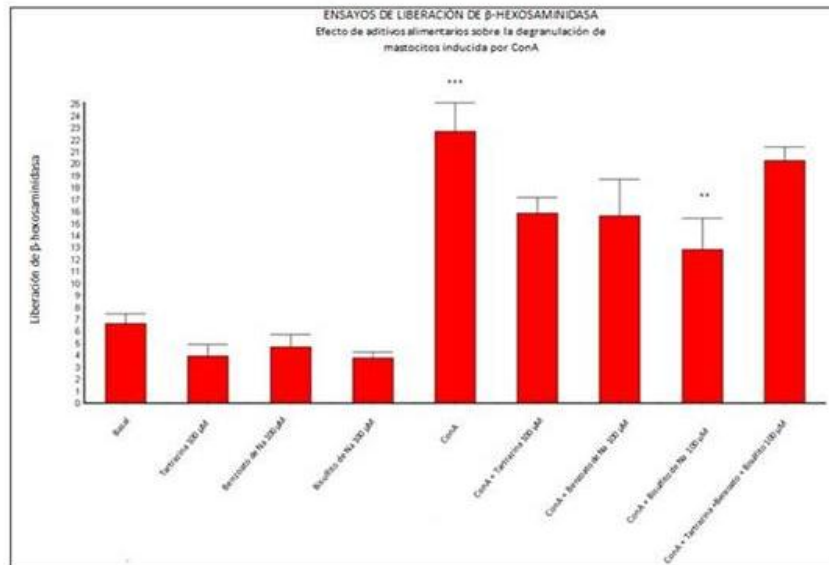


**Figura 1.** Efecto de concentraciones de Tartrazina, Benzoato de sodio y Bisulfito de sodio sobre la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa mastocitaria. Los porcentajes se expresan como porcentaje de liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa. Los valores se presentan como media  $\pm$  S.E.M. \* $P < 0,05$  y \*\* $P < 0,01$  versus basal. \*\*\* $P < 0,001$  versus Tartrazina 10  $\mu$ M. Se trabajó con vitalidades celulares mayores al 80%.

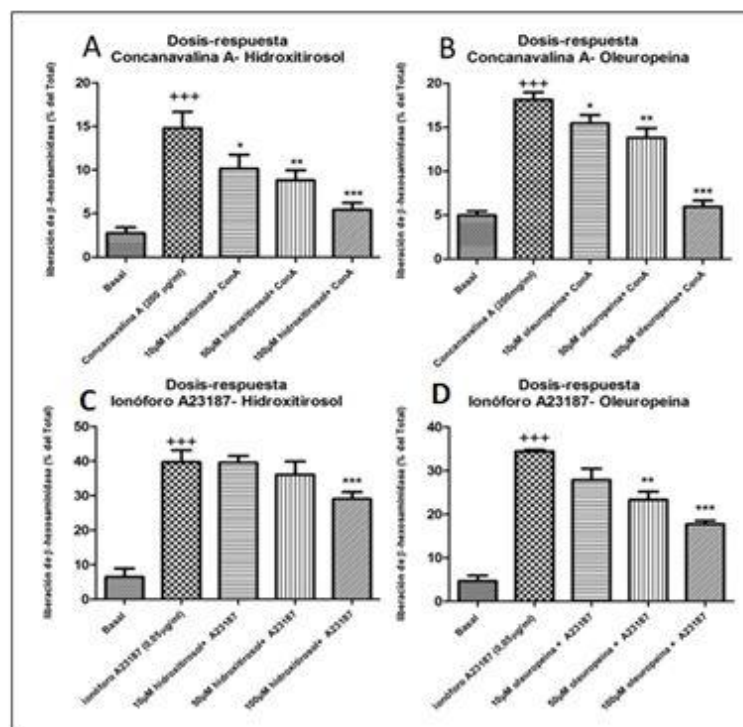
Considerando que algunos de los aditivos alimentarios de uso habitual (benzoato de sodio y bisulfito de sodio en concentraciones de 0,1  $\mu$ M, 1  $\mu$ M) no estimularon sino que inhibieron la degranulación de mastocitos peritoneales, se decidió determinar el efecto de estos aditivos y de fenoles del aceite de oliva virgen sobre la degranulación de mastocitos inducida por el ionóforo de calcio A23187 y concanavalina A. Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 2, 3 y 4.



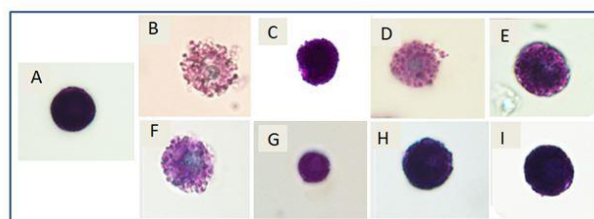
**Figura 2a.** Efecto de aditivos alimentarios sobre la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa mastocitaria inducida por el ionóforo de calcio A23187. Los resultados se expresan como porcentaje de liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa. Los valores se presentan como media  $\pm$  S.E.M. \*\*\* $P < 0,001$  versus Basal, \*\* $P < 0,01$  versus Ionóforo y \* $P < 0,05$  versus Ionóforo+Tartrazina 100  $\mu$ M +Benzoato de Na 100  $\mu$ M +Bisulfito de Na 100  $\mu$ M. Se trabajó con vitalidades celulares mayores al 80%.



**Figura 2b.** Efecto de aditivos alimentarios sobre la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa mastocitaria inducida por ConA. Los porcentajes se expresan como porcentaje de liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa. Los valores se presentan como media  $\pm$  S.E.M. \*\* $P < 0,01$  versus Basal y \*\*\* $P < 0,001$  versus ConA. Se trabajó con vitalidades celulares mayores al 80%.



**Figura 3.** Efectos de HT y Olp sobre la liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa inducida por concanavalina A y por ionóforo A23187 en mastocitos. Los mastocitos purificados se preincubaron con concentraciones crecientes de HT y Olp durante 10 min y se estimularon con 200  $\mu$ g/ml de ConA (A y B) o 0,05  $\mu$ g/ml de A23187 (C y D) por otros 10 min a 37°C. La liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa se determinó por reacción colorimétrica. Los resultados se expresan como porcentaje de liberación de  $\beta$ -hexosaminidasa con respecto al total. Los valores se presentan como la media  $\pm$  S.E.M., \* $P \leq 0,05$  versus secretagogo, \*\* $P \leq 0,01$  versus secretagogo, \*\*\* $P \leq 0,001$  versus secretagogo, +++ $P < 0,001$  versus basal.



**Figura 4.** Microscopía óptica de mastocitos peritoneales de rata coloreados con azul de toluidina. A: basal (se observan los gránulos mastocitarios en el interior de la célula). B: A23187 (se observa un significativo proceso de degranulación). C, D y E: A23187+ bisulfito de Na 100μM, A23187+ HT, A23187+ *Olp*, respectivamente. Se observa protección comparado con B para bisulfito de sodio, HT y *Olp*. F: ConA (se observa significativo proceso de degranulación). G, H e I: ConA+ bisulfito de Na, ConA+HT, ConA+*Olp*, respectivamente. Se observa protección comparado con F para bisulfito de sodio, HT y *Olp*.

## 5. Discusión y conclusiones

El presente estudio demuestra que los aditivos alimentarios de uso habitual permitido (tartrazina, benzoato de sodio y bisulfito de sodio) no estimulan la degranulación basal de mastocitos en un modelo *in vitro* de mastocitos peritoneales. Los fenoles del aceite de oliva virgen, hidroxitirosol y oleuropeína, y el aditivo alimentario bisulfito de sodio, inhiben la activación de mastocitos inducida por el ionóforo de calcio A23187 y por ConA en este mismo modelo experimental.

Otros estudios *in vitro* han demostrado que varios polifenoles dietarios inhiben la activación mastocitaria (Middleton y cols., 2000; Singh y cols., 2011). Un efecto inmunológico bien conocido de los polifenoles, como la quercetina, es su acción inhibidora sobre la degranulación de mastocitos, particularmente de la liberación de histamina (Middleton y cols., 2000; Singh y cols., 2011; Weng y cols., 2012). Quercetina ejerce esta acción a través de la regulación de la entrada de calcio extracelular (Middleton y cols., 2000; Singh y cols., 2011). También se ha demostrado que el galato de epigallocatequina es el principio activo del té verde que protege contra la inflamación cutánea. Este compuesto inhibe la liberación de histamina mastocitaria estimulada tanto por ionóforo de calcio como por complejos IgE-antígeno (Maeda-Yamamoto y cols., 2012). Kaempferol, miricetina, floretina y luteolina también han demostrado ser inhibidores efectivos de la liberación de histamina (Middleton y cols., 2000; Singh y cols., 2011). En cuanto al bisulfito de sodio, es la primera vez que se demuestra una acción estabilizadora a nivel de mastocitos.

Según nuestros resultados obtenidos, el mecanismo de la acción inhibitoria de hidroxitirosol y oleuropeína podría estar relacionado, al menos parcialmente, con la inhibición del entrecruzamiento de los receptores de alta afinidad para IgE (FcεRI) o a una probable interacción de los fenoles con concanavalina A. Singh y cols., 2011, han demostrado que los polifenoles forman complejos solubles e insolubles con proteínas haciéndolas así menos alergénicas o menos biodisponibles. Nuestros resultados también sugieren que hidroxitirosol y oleuropeína bloquearían vías de señalización corriente abajo del aumento del calcio citosólico. En tanto, el mecanismo de la acción inhibitoria del bisulfito de sodio estaría relacionado con la capacidad de este compuesto de reaccionar con compuestos carbonílicos y de inhibir receptores FcεRI y de concanavalina A (Lai y Xu, 1988). Sin embargo, se necesitan nuevas investigaciones para explicar los mecanismos moleculares exactos de estas acciones.

Estos compuestos podrían representar alternativas interesantes en el tratamiento y/o prevención de patologías mediadas por mastocitos, como también en el campo de la bioquímica nutricional.



## 6. Bibliografía

- Beauchamp GK, Keast RSJ, Morel D, Lin J, Pika J, Han Q, Lee CH, Smith AB, Breslin PAS: Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature* 437: 45-46, 2005.
- Collado CR, Hochman DJ, Goldblum RM, Brooks EG: Effect of sodium sulfite on mast cell degranulation and oxidant stress. *Ann Allergy Asthma Immunol* 96:550-556, 2006.
- Freedman BJ: Asthma induced by sulphur dioxide, benzoate and tartrazine contained in orange drinks. *Clin Allergy* 7:407-415, 1977.
- Galli SJ, Grimaldeston M, Tsai M: Immunomodulatory mast cells: negative, as well as positive, regulators of immunity. *Nature* 8:478-486, 2008.
- Hofmann AM, Abraham SN: New roles for mast cells in modulating allergic reactions and immunity against pathogens. *Curr Opin Immunol* 21:679-686, 2009.
- Kawakami T, Ando T, Kimura M, Wilson BS, Kawakami Y: Mast cells in atopic dermatitis. *Curr Opin Immunol* 21:666-678, 2009.
- Lai MD, Xu YH: Effects of bisulfite and sulfite on Fc and Con A receptors of rat pulmonary macrophages. *Chin Med J* 101:357-360, 1988.
- Maeda-Yamamoto, M.; Ema, K.; Monobe, M.; Tokuda, Y.; Tachibana, H., 2012. Epicatechin-3-O-(3''-O-methyl)-gallate Content in Various Tea Cultivars (*Camellia sinensis* L.) and Its in Vitro Inhibitory Effect on Histamine Release. *J. Agric. Food Chem.* 60, 2165-2170.
- Middleton, E.; Kandaswami, C.; Theoharides, C., 2000. The Effects of Plant Flavonoids on Mammalian Cells: Implications for Inflammation, Heart Disease, and Cancer. *Pharmacol. Rev.* 52, 673-751.
- Penissi AB, Rudolph MI, Mariani ML, Ceñal JP, de Rosas JC, Vera ME, Tonn CE, Favier LS, Giordano OS, Fogal TH, Piezzi RS: Novel anti-ulcer  $\alpha,\beta$ -unsaturated lactones inhibit compound 48/80-induced mast cell degranulation. *Eur J Pharmacol* 612:122-130, 2009.
- Safford RJ, Goodwin BF: The effect of tartrazine on histamine release from rat peritoneal mast cells. *Int J Immunopharmacol* 6:233-240, 1984.
- Singh, A.; Holvoet, S.; Mercenier, A., 2011. Dietary polyphenols in the prevention and treatment of allergic diseases. *Clin. Exp. Allergy.* 41, 1346-1359.
- Smith AB, Han Q, Breslin PA, Beauchamp GK: Synthesis and assignment of absolute configuration of (-) oleocanthal: A potent, naturally occurring non-steroidal anti-inflammatory and antioxidant agent derived from extra virgin olive oils. *Org Lett* 7: 5075-5078, 2005.
- Stone KD, Prussin C, Metcalfe DD: IgE, mast cells, basophils, and eosinophils. *J Allergy Clin Immunol* 125:S73-S80, 2010.
- Turner R, Etienne N, Alonso MG, de Pascual-Teresa S, Minihane AM, Weinberg PD, Rimbach G: Antioxidant and anti-atherogenic activities of olive oil phenolics. *Int J Vitam Nutr Res* 75:61-70, 2005.
- Visioli F: Olive oil: more than just oleic acid. *Am J Clin Nutr* 72:853, 2000.
- Weng, Z.; Zhang, B.; Asadi, S.; Sismanopoulos, N.; Butcher, A.; Fu, X.; Katsarou-Katsari, A.; Antoniou, C.; Theoharides, T., 2012. Quercetin Is More Effective than Cromolyn in Blocking Human Mast Cell Cytokine Release and Inhibits Contact Dermatitis and Photosensitivity in Humans. *PLoS ONE.* 7, 1-10.



## **30TCA - ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO DE ANTIOXIDANTES DE CÁSCARA DE NARANJA**

**PACHECO, C.<sup>a</sup>; BARI, A.<sup>a</sup>; DE CABO, M.<sup>a</sup>; RICHARDS, S.<sup>a</sup>; PIÑA, J.<sup>a</sup>;  
NAZARENO, M.<sup>b</sup>**

**<sup>a</sup>Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET).**

**Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur. Argentina.**

**<sup>b</sup>Centro de Investigación y Transferencia de Santiago del Estero (UNSE –  
CONICET)**

**cpacheco@plapiqui.edu.ar**

### **Resumen**

En los últimos años los antioxidantes naturales han ganado gran popularidad debido a los comprobados efectos beneficiosos que ejercen sobre la salud y su capacidad para retrasar el envejecimiento. La hesperidina, reconocido antioxidante con propiedades antiinflamatorias, puede ser extraída del albedo de la naranja. Se estudió de manera preliminar la obtención de extractos brutos de albedo de naranja mediante ultrasonido haciendo uso de dos solventes: mezcla etanol-agua (1:1) y metanol. Se evaluó además el efecto de la deshidratación previa de las muestras por tres métodos diferentes: liofilización, secado en estufa de vacío (45 °C – 8 h) y secado en estufa común (50 °C- 24 h). Se estudió también la incorporación de una etapa de maceración por 48 h en el mismo solvente de extracción, previa a dicho proceso. Se encontró que, en las condiciones evaluadas, el metanol permite obtener mayores rendimientos y extractos con mayor actividad antirradicalaria, mientras que la incorporación de la etapa de maceración permite obtener mejores resultados sólo en el caso del uso de la mezcla etanol-agua. En cuanto a la deshidratación previa de las muestras, los extractos obtenidos a partir del material vegetal fresco presentaron menor actividad antirradicalaria que los obtenidos a partir de las correspondientes deshidratadas.

### **1. Introducción**

Estudios epidemiológicos han demostrado que una dieta rica en frutas y verduras posee un importante efecto en la disminución de la incidencia de serias enfermedades, tales como cáncer, afecciones cardio- y cerebrovasculares y diabetes. Esta acción preventiva ha sido relacionada con la presencia de sustancias bioactivas, entre otras, vitaminas, carotenoides y polifenoles (Hertog et al., 1995). Estos fitoquímicos poseen como característica común su actividad antioxidante.

La Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos (FDA) incluyó al polifenol hesperidina entre los nutrientes cuyo consumo es aconsejado para mantener una buena salud, estableciendo incluso una dosis diaria recomendada (Balch, 2008). Este flavonoide es utilizado ampliamente en el tratamiento y prevención de patologías asociadas al sistema circulatorio debido a sus propiedades antiinflamatorias (Milde et al., 2004).

La hesperidina se encuentra principalmente en el albedo o mesocarpio de la naranja, es decir, en la capa blanca esponjosa presente entre la porción comestible y lo que generalmente se denomina piel (Escobar-Blanco, 2010; Garg et al., 2001).

La extracción de compuestos fenólicos de materiales vegetales resulta un desafío ya que la solubilidad de los mismos es gobernada por el tipo de solvente utilizado (su polaridad), el grado de polimerización del polifenol, las interacciones con otros

compuestos de la matriz y la formación de complejos insolubles. Por lo tanto, no existe un método uniforme o completamente satisfactorio para la extracción de todos los polifenoles presentes en materiales vegetales. Los tiempos de extracción varían usualmente entre 1 minuto y 24 horas; mayores tiempos aumentan la probabilidad de que ocurran reacciones oxidativas con deterioro del compuesto fenólico (Naczk y Shahidi, 2004). La recuperación de polifenoles de productos alimenticios también se ve influenciada por la relación muestra-solvente. En el caso de los flavonoides, éstos son generalmente extraídos con metanol, etanol, agua o sus mezclas (Naczk y Shahidi, 2004).

El método convencional utilizado es la clásica extracción por solvente, en el cual la matriz conteniendo el flavonoide y el solvente elegido se ponen en contacto, usualmente aplicando calor y alcanzando en algunos casos el punto de ebullición de la mezcla (Yang y Zhang, 2008). Este método es sencillo y el equipamiento necesario es simple. Sin embargo, el rendimiento del proceso puede ser bajo debido a la ionización, hidrólisis y/u oxidación que puede sufrir la muestra (Ohnishi et al., 1994; Paganga et al., 1999). Entre los métodos alternativos se encuentran la extracción con fluidos supercríticos, la extracción con líquidos presurizados, la microextracción de fase sólida y la extracción asistida por ultrasonido (Chua, 2013). Esta última técnica ofrece alta reproducibilidad en menores tiempos de extracción, simplificada manipulación, consumo reducido de solvente y menor consumo de energía (Chemat et al., 2008; Yang y Zhang, 2008; Herrera y Luque de Castro, 2004; Chua, 2013). El mismo produce disrupción celular, reducción del tamaño de partícula y chorros ultrasónicos hacia la superficie del sólido generando una mayor superficie de contacto entre las fases líquida y sólida (Yang y Zhang, 2008).

La cáscara de la naranja, de la cual forma parte el albedo, resulta un sub-producto de la industria juguera. Si se desea aprovechar el alto contenido de compuestos bioactivos presentes en dicho residuo, considerando los importantes volúmenes que se generan del mismo en épocas de cosecha, es necesario incorporar una etapa de secado previo a la obtención de los extractos de manera de prolongar su vida útil.

El presente trabajo constituye un estudio preliminar del proceso de extracción de hesperidina a partir de albedo de naranja mediante ultrasonido y tiene como objetivo evaluar el tipo de proceso de secado aplicado y el solvente de extracción sobre el rendimiento y la actividad antirradicalaria de los extractos brutos obtenidos. En particular, se evalúan tres métodos de secado: liofilización, secado en estufa de vacío (45 °C – 8 h) y en estufa común (50 °C – 24 h); y el uso de dos solventes como medio de extracción: mezcla etanol-agua (1:1) y metanol puro.

## **2. Metodología**

### *Preparación del material previo a la extracción*

La liofilización del material se llevó a cabo a aproximadamente -40 °C y 4 mm Hg durante 48 h, mientras que las condiciones del secado en estufa de vacío fueron 50 °C y 64 cm Hg durante 8 h para alcanzar peso constante. Por otro lado, las muestras secadas en estufa común requirieron 24 h a 50 °C. Las muestras frescas fueron trituradas mediante un molinillo, mientras que las secas se pulverizaron con mortero.

### *Proceso de extracción*

Todas las extracciones se llevaron a cabo en un equipo de ultrasonido a 35 kHz por 30 min. Tanto para las extracciones a partir de material fresco como seco, la masa de materia seca se mantuvo en 0,5 g, mientras que la relación material-solvente para las extracciones con etanol/agua se fijó en 1:20 y en 1:36 para las llevadas a cabo con metanol. También, se evaluó el efecto de 48 h de maceración del material en el

correspondiente solvente de extracción de manera previa al proceso extractivo. Las extracciones se llevaron a cabo por triplicado.

#### *Determinación de rendimiento*

El rendimiento (%) expresa la relación porcentual de masa de extracto bruto seco obtenido luego del proceso de extracción respecto a la masa inicial de material vegetal seco del que se partió. Cabe destacar que el proceso de extracción con la mezcla alcohol-agua permite extraer los residuos insolubles en alcohol (RIA), los cuales no se encuentran presentes en los extractos metanólicos. Por este motivo, en el primer caso, luego del proceso de extracción se procedió a evaporar bajo nitrógeno el solvente y se incorporó una etapa de agregado de metanol y posterior homogeneización y reposo, de manera de precipitar los RIA y permitir su eliminación mediante filtración. Así, los extractos secos obtenidos resultaron comparables a los resultantes del método de extracción con metanol. Por otro lado, se cuantificaron los RIA y se calculó el rendimiento sin tener en cuenta los mismos.

#### *Determinación de la actividad antirradicalaria*

La técnica empleada para determinar la actividad antirradicalaria consistió en medir la desaparición de un radical libre estable 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH•) en metanol por acción del agregado del extracto metanólico vegetal.

El consumo del radical por el agregado de alícuotas de los extractos fue monitoreado por espectrofotometría visible en su máximo de absorción ( $\lambda_{\text{máx}} = 515 \text{ nm}$ ) cada 30 segundos durante 10 minutos. La concentración del extracto metanólico fue de 0,1 g/mL (calculada en base a la masa inicial de albedo seco) y el volumen de la alícuota fue de 100  $\mu\text{L}$  en 2,9 mL de solución de DPPH•.

La actividad antirradicalaria (AAR) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%AAR = \left(1 - \frac{A_{ss}}{A_0}\right) 100\% \quad (1)$$

donde  $A_0$  es la absorbancia a 515 nm y tiempo 0 de la solución de DPPH• y  $A_{ss}$  es la absorbancia luego del agregado de muestra en el estado estacionario. Este valor se obtuvo mediante extrapolación a partir del ajuste de los perfiles cinéticos por regresión no lineal (Microcal Origin versión 8.0).

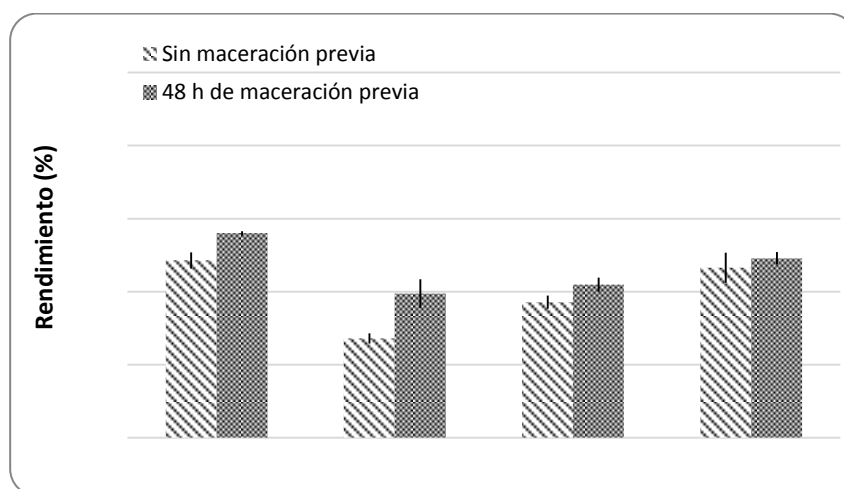
### **3. Resultados**

Se observa que el material liofilizado mantuvo en gran medida la estructura del material de partida, mientras que las muestras secadas en estufa evidencian un notorio colapso de su estructura. El oscurecimiento presentado por las muestras sometidas a temperaturas mayores que la ambiente evidencia la ocurrencia de reacciones de pardeamiento no enzimático, tales como la Reacción de Maillard.

#### *Rendimiento*

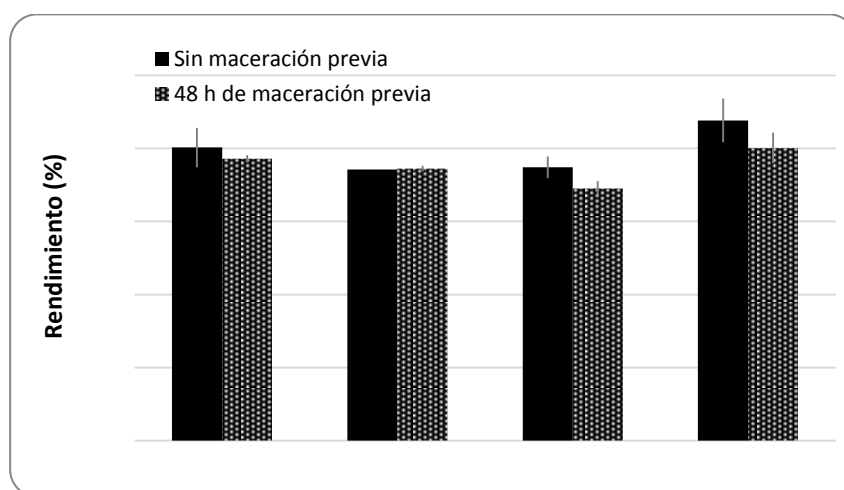
La Fig. 1 presenta los valores de rendimiento obtenidos al someter las cuatro muestras bajo evaluación a extracción asistida con ultrasonido por 30 min usando como solvente etanol-agua (1:1). Se comparan además los resultados obtenidos al extraer sin etapa de maceración previa y macerando por 48 h en el mismo solvente de extracción. Se observa que la maceración previa mejora la extracción para todas las muestras, excepto para las muestras secadas en estufa común, donde la maceración previa no generó un aumento en el rendimiento. En ambos casos, con 0 y 48 h de maceración previa, los valores de rendimiento para las cuatro muestras siguieron la misma tendencia. Los

máximos rendimientos se obtuvieron para las muestras frescas, seguido de las muestras secadas en estufa común, las muestras secadas en estufa de vacío y aquellas liofilizadas.



**FIGURA 1.** Rendimiento (%) correspondiente a las extracciones con mezcla etanol-agua (1:1) asistidas por ultrasonido para el material fresco y secado por diferentes métodos sin maceración previa y con 48 h de maceración previa.

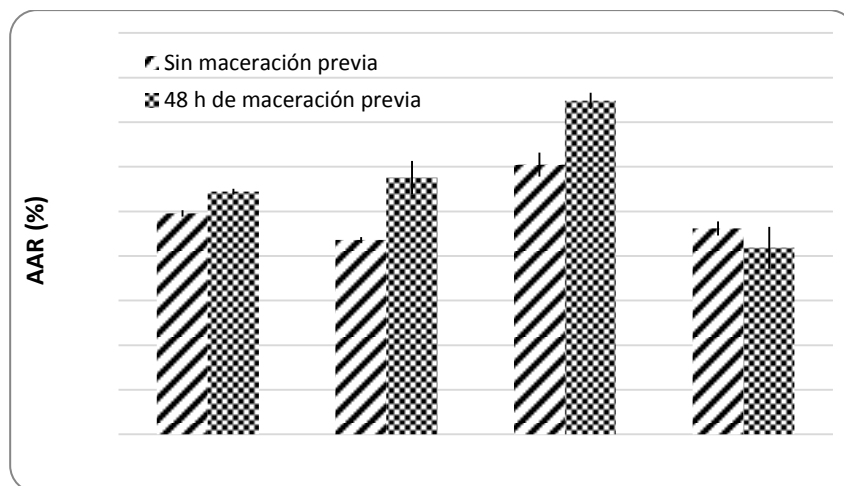
En el caso de la extracción con metanol, la etapa de maceración previa no generó cambios significativos sobre el rendimiento, siendo además menos importantes las diferencias entre los valores obtenidos para las cuatro muestras (Fig. 2).



**FIGURA 2.** Rendimiento (%) correspondiente a las extracciones con metanol asistidas con ultrasonido para el material fresco y secado por diferentes métodos sin maceración previa y con 48 h de maceración.

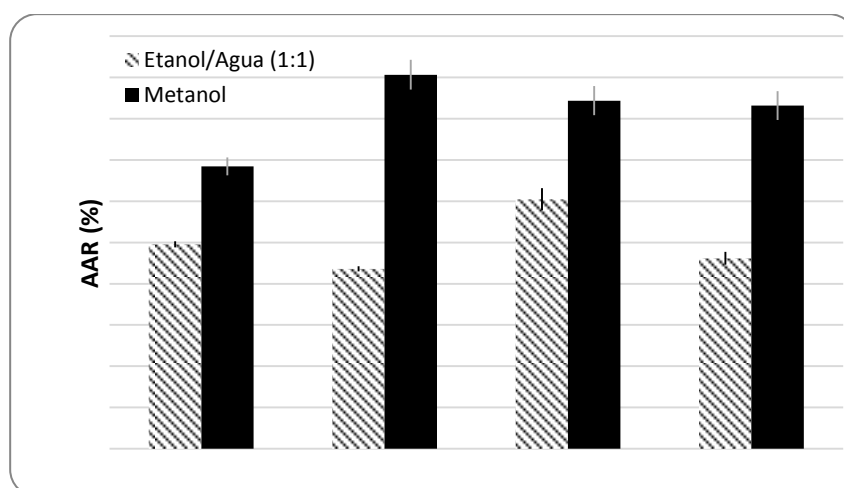
#### *Actividad antirradicalaria*

En la Fig. 3 se muestran los resultados de AAR para los extractos obtenidos con la mezcla etanol-agua con ultrasonido con 0 y 48 h de maceración previa. La tendencia observada al incorporar la etapa de maceración se encuentra en concordancia con la del cambio en el rendimiento que se muestra en la Fig. 1.



**FIGURA 3.** Actividad antirradicalaria (%) frente a DPPH• correspondiente a las extracciones ultrasónicas con mezcla etanol-agua (1:1) para el material fresco y seco por diferentes métodos sin maceración previa y con 48 h de maceración.

En la Fig. 4 se presentan los resultados obtenidos al realizar la extracción ultrasónica sin maceración previa y con ambos solventes.



**FIGURA 4.** Actividad antirradicalaria (%) frente a DPPH• correspondiente a ambos solventes de extracción para el material fresco y seco por diferentes métodos sin maceración previa.

Es posible observar que el solvente posee un efecto significativo sobre las concentraciones relativas de compuestos con AAR en las diferentes muestras. Posiblemente, la acción de ambos solventes se vea afectada por las acentuadas diferencias en estructura que presentan las muestras deshidratadas mediante los distintos métodos propuestos. Los datos disponibles en la literatura respecto a los efectos del secado sobre la actividad antioxidante de materiales vegetales son relativos y de difícil comparación debido a diversos factores, tales como el método de secado, el tipo de solvente de extracción, los ensayos de actividad antioxidante, así como también las interacciones de diversas reacciones entre antioxidantes (Vega-Gálvez et al., 2009).

Los resultados muestran que las máximas AAR no correspondieron a los extractos obtenidos a partir del material fresco, aunque generalmente se suele considerar que un material con propiedades bioactivas sufre degradación de sus compuestos con actividad

biológica al ser sometido a altas temperaturas. En la literatura es posible encontrar diversos trabajos en los cuales se obtuvieron resultados con tendencias similares. Son varias las hipótesis postuladas para intentar explicar este comportamiento. Algunos autores sugieren que las meladoininas, compuestos generados durante la Reacción de Maillard, podrían presentar cierta actividad antioxidante (Manzocco et al., 2001; Que et al., 2008; Vega-Gálvez et al., 2009). Asimismo, Manzocco et al. (2001) proponen que los polifenoles parcialmente oxidados podrían poseer mayor poder antioxidante que sus precursores no oxidados. Por otro lado, Londoño-Londoño et al. (2010) encontraron que la piel de cítricos secada en estufa a 40 °C y sometida a extracción por ultrasonido con agua presentó mayor contenido de polifenoles totales que el material fresco, proponiendo como posible explicación diferencias en las velocidades de difusión de solvente en ambos materiales debido a sus estructuras. En consecuencia, resultaría interesante evaluar la composición de los extractos obtenidos de manera de contar con mayor información que aporte a la clarificación de las diferencias observadas. En este sentido, la comparación con los extractos obtenidos a partir de albedo liofilizado resultaría de sumo interés debido a la ausencia de altas temperaturas durante la deshidratación, descartando las hipótesis planteadas para el caso de las muestras sometidas a temperatura.

#### **4. Conclusiones**

Se realizó un estudio preliminar de la obtención de extracto bruto de albedo de naranja mediante la utilización de ultrasonido. Se encontró que el metanol resulta un mejor solvente de extracción en las condiciones evaluadas. Éste permitió obtener extractos con mayores rendimientos y AAR respecto a la mezcla etanol-agua. Sin embargo, la conocida toxicidad del metanol llevaría a evaluar la conveniencia del uso de la mezcla etanol-agua como medio de extracción por razones de inocuidad del producto final así como de cuidado del medio ambiente.

Se postularon diversas hipótesis para intentar explicar las mayores AAR de los extractos obtenidos a partir de las muestras vegetales deshidratadas, incluso de aquellas secadas a relativamente altas temperaturas (50 °C). Estos resultados impulsan el planteo de nuevos ensayos cuyo objetivo sea la determinación de la composición de los extractos obtenidos de manera de contar con mayor información a la hora de justificar las diferentes capacidades antirradicalarias presentadas por las distintas muestras.

Por último, la incorporación de una etapa de maceración en el solvente de extracción durante 48 h previa a la etapa de extracción tuvo un efecto significativo tanto sobre el rendimiento como sobre la AAR sólo en el caso de los extractos obtenidos con la mezcla etanol-agua.

#### **5. Bibliografía**

- Hertog, M.G.L.; Kromhout, D.; Aravanis, C.; Blackburn, H.; Buzina, R.; Fidanza, F.; Giampaoli, S.; Jansen, A.; Menott, A.; Nedeljkovic, S.; Pekkarinen, M.; Simic, B.S.; Toshoma, H.; Feskens, E.J.M.; Hollman, P.C.H.; Katan, M. (1995). Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Archives of Internal Medicine*, 155: 381-386.
- Balch, P.A. (2008). *Prescription for Nutritional Healing*. AVER. EEUU. 4a edición.
- Milde, J.; Elstner, E.F.; Graßmann, J. (2004). Synergistic inhibition of low-density lipoprotein oxidation by rutin,  $\gamma$ -terpinene, and ascorbic acid. *Phytomedicine*, 11: 105–113.

- Escobar Blanco, M. (2010). Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. Tesis de Magister. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL México.
- Garg, A.; Garg, S.; Zaneveld, L.J.D.; Singla, A.K. (2001). Chemistry and Pharmacology of The Citrus Bioflavonoid Hesperidin. *Phytotherapy Research*, 15: 655–669.
- Naczek, M.; Shahidib, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054: 95–111.
- Yang, Y.; Zhang, F. (2008). Ultrasound-assisted extraction of rutin and quercetin from *Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 308–313.
- Ohnishi, M.; Morishita, H.; Iwahashi, H.; Toda S.; Shirataki, Y.; Kimura, M.; Kido, R. (1994). Inhibitory effects of chlorogenic acids on linoleic acid peroxidation and haemolysis. *Phytochemistry*, 36: 579–583.
- Paganga, G.; Miller, N.; Rice-Evans, C.A. (1999). The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute? *Free Radical Research*, 30: 153–162.
- Chua, L.S. (2013). A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 150: 805–817.
- Chemat, F.; Tomao, V.; Viot, M. (2008). Ultrasound-assisted extraction in food analysis. *Handbook of food analysis instruments* por Semih Ötles, CRC press, USA, pp. 85–103.
- Herrera, M.C.; Luque de Castro, M.D. (2004). Ultrasound-assisted extraction for the analysis of phenolic compounds in strawberries. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379: 1106–1112.
- Manzocco, L.; Calligaris, S.; Mastrocola, D.; Nicoli, M.C.; Lericci, C.R. (2001). Review of non- enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 11: 340–346.
- Londoño-Londoño, J.; Rodrigues de Lima, V.; Lara, O.; Gil, A.; Crecsynski Pasa, T.B.; Arango, G.J.; Ramírez-Pineda, J.R. (2010). Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119: 81-87.
- Vega-Gálvez, A.; Di Scala K.; Rodríguez, A.; Lemus-Mondaca, R.; Miranda, M.; López, J.; Pérez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117: 647–653.
- Que, F.; Mao, L.; Fang, X. ; Wu, T. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 1195–1201.

## 31TCA - MICROBIOTA Y CEPAS DE *Alternaria alternata* TOXICOGÉNICAS EN UVAS MALBEC DE LA DOC SAN RAFAEL, ARGENTINA

PRENDES, L.<sup>a,b</sup>; MERÍN, M.<sup>a,b</sup>; ANDREONI, M.<sup>c</sup>; RAMÍREZ, M.<sup>b,d</sup>; MORATA DE AMBROSINI, V.<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, Bernardo de Irigoyen 375 (5600) San Rafael, Mendoza, Argentina

<sup>b</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>c</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Rama Caída, San Rafael, Mendoza, Argentina

<sup>d</sup>Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina

[lprenDES@fcai.uncu.edu.ar](mailto:lprenDES@fcai.uncu.edu.ar)

### Resumen

Los hongos filamentosos presentes en uvas para vinificar capaces de producir micotoxinas, representan un gran riesgo para la salud del consumidor de vino y las prácticas vitivinícolas de rutina utilizadas para control durante el desarrollo del viñedo podrían afectar su ocurrencia. El género *Alternaria*, a pesar de ser uno de los más toxigénicos comúnmente encontrado en uvas, no ha recibido hasta el momento la misma atención que otros. Es por ello que fueron objetivos del presente trabajo, identificar la microbiota de uvas Malbec bajo la influencia de distintas prácticas vitivinícolas de control de rutina, identificar cepas de *Alternaria* por métodos morfológicos y moleculares y caracterizar su habilidad toxicogénica y patogénica. El género *Alternaria* resultó el componente mayoritario de la microbiota en uvas Malbec de la DOC San Rafael a tiempo de cosecha (81%) seguido por *Cladosporium* (7%) y sólo en menor porcentaje por *Penicillium* (4%) y *Aspergillus* (3%), entre otros. La aplicación de tratamientos orgánicos o no orgánicos en los viñedos no afectó significativamente la incidencia de los géneros presentes, sugiriendo la ineffectividad de dichas herramientas contra ellos. De acuerdo a los patrones de esporulación, todas las cepas de *Alternaria* aisladas pertenecieron a la especie *Alternaria alternata* y basados en el marcador genético *Alt a 1*, todas pertenecieron al grupo-especie *A. alternata*. De 34 cepas de *Alternaria* analizadas, el 97% fue capaz de producir al menos una de las 3 micotoxinas analizadas: alternariol (AOH), alternariol monometilether (AME) y Ácido tenuazóico (ATe) y el 55% co-produjo las 3, mostrando un riesgo potencial de sinergia. ATe fue la toxina producida a mayor frecuencia (97%) y niveles en un rango de 11.2 a 1941.0 ppm, seguida por AOH producida por el 71% de las cepas, en un rango de 1.8 a 437.0 ppm y AME producida por el 56% de las cepas, en un rango de 0.6 ppm a 663.4 ppm. La capacidad patogénica fue evaluada de acuerdo al tamaño de lesión ocasionado por las cepas en uvas para vinificar. El 55% de las cepas de *Alternaria* resultó muy patogénica, el 31% moderadamente patogénica y sólo el 14 % poco patogénica. En el presente trabajo se reportó una alta incidencia y prevalencia del género *Alternaria* a pesar del uso de prácticas de control de rutina vitivinícolas. Así mismo, se demostró la existencia de



un alto porcentaje de cepas toxicogénicas y patogénicas, sugiriendo un alto riesgo potencial de ocurrencia natural de las toxinas de *Alternaria* en uvas para vinificar. Es por todo lo expuesto que más estudios deben llevarse a cabo para evaluar el riesgo que implica el género *Alternaria* en la industria vitivinícola.

## 1. Introducción

Argentina se encuentra en el quinto puesto de los países productores de vino y el área de DOC “San Rafael” es una bien reconocida región vitivinícola localizada en el sur de la provincia de Mendoza en el oeste Argentino. Tanto en esta región, formada por terruños con cualidades ecológicas distintivas (*terroir*) aptos para la producción de vinos de calidad superior, como en Argentina, Malbec es una de las más importantes variedades de uva para vinificar.

Los hongos filamentosos impactan negativamente en la producción, calidad sensorial y salubridad del vino de diversas maneras. Su desarrollo en uvas para vinificar implica pérdidas significativas en el rendimiento, alteración de la composición química de las uvas y defectos en el flavor y color del vino así como en la performance de las levaduras y bacterias lácticas durante la vinificación (Fleet et al., 1999). Asimismo, reviste principal preocupación la existencia de hongos toxicogénicos en uva para vinificación, por su capacidad de generar micotoxinas que pueden perdurar durante el proceso hasta llegar al vino, generando un riesgo alto para la salud de los consumidores. La aplicación de cobre y azufre (tratamiento orgánico) y/o fungicidas de la familia de los ditiocarbamatos (tratamiento no-orgánico) en el campo, durante el desarrollo del viñedo son prácticas rutinarias de control vitivinícola que logran una prevención antifúngica efectiva contra típicos causantes de pérdidas de rendimiento como *Uncinula necator*, *Plasmopara viticola*, *Botrytis cinerea* y *Stereum necator*, entre otros. A pesar de ello, su modo de acción parece no ser específico y podría estar actuando además sobre el resto de la microbiota presente (Cadez et al., 2010).

El género *Alternaria*, ampliamente distribuido, incluye especies saprófitas y patógenas oportunistas de plantas, que pueden afectar los granos en el campo o causar deterioro durante la cosecha o post-cosecha de frutos. Numerosas especies de *Alternaria* son conocidas productoras de micotoxinas, entre las más importantes: el derivado del ácido tetrámico: el Ácido Tenuazóico (TA) y los derivados de la dibenzopirona: el alternariol (AOH) y el alternariol monometil ether (AME). La toxicidad de TA ha sido descrita en plantas y numerosas especies animales, y ha sido asociada a un desorden hematológico denominado onyalai, una forma de trombocitopenia. AOH y AME son mutagénicos y citotóxicos para células bacterianas y de mamíferos y se sospecha que serían también carcinogénicos (Logrieco et al., 2009; Ostry, 2008). A pesar de todos sus efectos tóxicos y su documentada ocurrencia, las toxinas de *Alternaria* todavía no han recibido la misma atención que otras micotoxinas y no existe regulación al respecto (EFSA, 2011).

El género *Alternaria* forma parte de la microbiota predominante de uvas para vinificar en distintas regiones vitivinícolas del mundo (Rousseaux et al., 2014) y como patógeno oportunista puede causar podredumbre en el campo bajo condiciones propicias. Además, se ha reportado que cepas de *Alternaria alternata* fueron capaces de producir AOH y AME en uvas (Tournas and Stack, 2001), y también se ha demostrado la ocurrencia natural de AOH y AME en jugo de uva y vino (Pizzutti et al., 2014; Scott et al., 2006). Llamativamente, *Alternaria* todavía no ha sido intensamente estudiada en uvas para vinificar como un género peligroso.

## 2. Objetivos:

- Identificar la micobiota de uvas Malbec a tiempo de cosecha bajo la influencia de distintas prácticas de control de rutina vitivinícolas en los viñedos.
- Identificar cepas de *Alternaria* aisladas de uvas Malbec y caracterizar su potencial toxicogénico y patogénico.

### **3. Metodología:**

#### ***Tratamientos en viñedo y muestreo:***

Se realizó un experimento en viñedos Malbec de la estación experimental INTA- Rama Caída, perteneciente a la DOC San Rafael (Mendoza, Argentina) durante las vendimias 2010/2011 (2011) y 2011/2012 (2012). El experimento comprendió 3 filas de vides en las que se seleccionaron azarosamente seis bloques de 4 plantas cada uno. En 3 de ellos se aplicó un tratamiento orgánico que consistió en 3 pulverizaciones (Enero, Febrero y Marzo) con 3 g/L de oxiclورو de cobre y 3 g/L de azufre. Se tomó una muestra independiente por bloque a tiempo de cosecha. Adicionalmente, durante la vendimia 2012/2013 (2013), se muestrearon 6 viñedos Malbec representativos de la DOC San Rafael sometidos a tratamientos orgánicos y no-orgánicos. Los 6 viñedos fueron tratados con oxiclورو de cobre y azufre, como se describió previamente pero 2 de ellos (no-orgánicos) fueron pulverizados previamente con fungicidas de la familia de los ditiocarbamatos. Nuevamente una muestra independiente fue tomada de cada viñedo a tiempo de cosecha.

#### ***Aislamiento Fúngico e Identificación morfológica:***

Se seleccionaron azarosamente uvas sanas de cada muestra, fueron desinfectadas con una solución al 1% (w/v) de hipoclorito de sodio por 1 min y lavadas con agua estéril 3 veces y plaqueadas directamente en medio Dicloran-Cloranfenicol-Rosa de bengala Agar (DRBC) (Pitt and Hocking, 2009) para incubar 25 °C por 7 días.

Las colonias fúngicas resultantes fueron enumeradas y un número representativo de cada género distinguible fue azarosamente seleccionado para ser identificado según Pitt y Hocking (2009). De 53 aislados identificados de las vendimias 2011 y 2012, 38 pertenecieron al género *Alternaria* y fueron identificados a nivel de especie de acuerdo a los patrones de esporulación y la morfología de sus conidios (Simmons, 2007).

#### ***Extracción de DNA e identificación molecular:***

Cada uno de las 38 aislados de *Alternaria* fue inoculado en 100 mL de medio Wikerman (glucosa 4%, extracto de malta 0.3%, extracto de levadura 0.3% y peptona 0.5%) e incubada por 3 días a 25°C en agitación. El micelio fue cosechado, secado y congelado a -20 °C para la extracción de DNA según el método de bromuro de cetiltrimetilamonio (Leslie and Summerell, 2006). Para la identificación molecular se utilizó el protocolo descrito por Pavón et al. (2010), que consiste en la amplificación por PCR de las diferentes regiones del gen *Alt a 1* con set específicos de *primers* para el género *Alternaria* y para cada uno de los 4 grupo-especies posibles: *A. alternata*, *A. infectoria*, *A. radicina* y *A. porri*.

#### ***Producción de micotoxinas:***

Se evaluó la habilidad de 34 cepas de *Alternaria* de producir las toxinas alternariol (AOH), alternariol monometil ether (AME) y ácido tenuazóico (TA). Brevemente, se inocularon centralmente placas de medio Agar arroz-Licor de maíz con cada una de las cepas a evaluar y se incubaron a 25°C durante 14 días. El método de extracción fue basado en la extracción a micro-escala propuesta por Smedsgaard (1997) modificado en 3 pasos para adaptarlo a los metabolitos de *Alternaria* (Andersen et al., 2001). La detección y cuantificación de los mismos fue realizada por cromatografía de alta

eficiencia (HPLC), para AOH y AME a 256 nm y para ATe, a 279 nm. El límite de detección (LOD) fue 0.01 ug/g para las 3 toxinas y el límite de cuantificación (LOQ) fue establecido como 3 veces el límite de detección.

#### **Patogenicidad:**

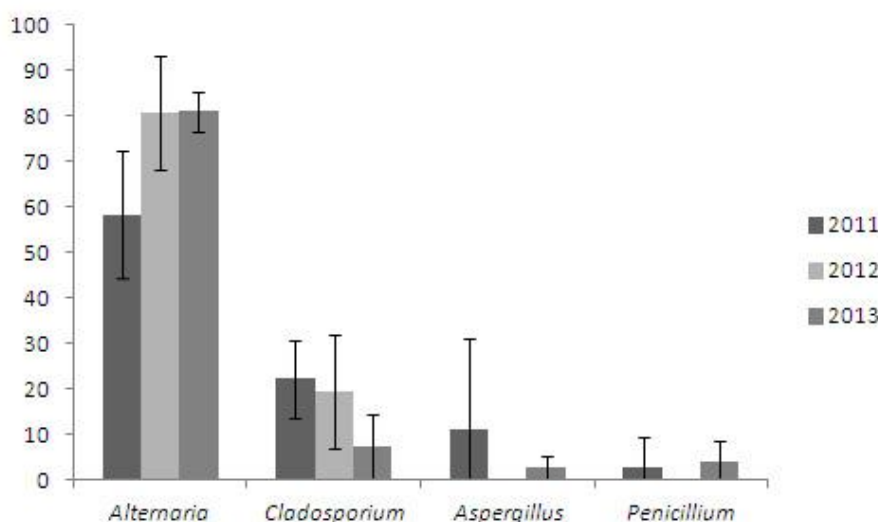
Se evaluó la patogenicidad de 29 cepas de *Alternaria* en uvas Malbec, siguiendo la técnica de inoculación con palillos adaptada para bayas (Greco et al., 2012). Cada uva fue inoculada con 1 palillo y se utilizaron 7 uvas para cada cepa a evaluar en placas de Petri de vidrio (90 mm diámetro), se realizó un control negativo con palillos libres de crecimiento fúngico. Todas las placas se incubaron por 7 días a 25 °C con ciclo alternante luz:oscuridad (8/16) al 100% de humedad relativa. Según el tamaño de la lesión ocasionada, se definieron 3 grados de patogenicidad: poco patógeno (1, lesión que abarca menos de ¼ de la superficie de la uva), moderadamente patógeno (2, lesión que abarca más de ¼ hasta ½ de la superficie de la uva), y muy patógenos (3, lesión que abarca más de ½ hasta toda la superficie de la uva). Cada cepa tuvo 3 replicas.

#### **Análisis estadístico**

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software Infostat (versión 2013) y STATGRAPHICS Plus 5.1. Los datos de abundancia relativa de los distintos géneros fúngicos, el porcentaje de uvas infectadas y la producción de micotoxinas se analizaron con ANOVA seguido por el test de LSD Fisher ( $p < 0.05$  o  $p < 0.01$ ), en algunos casos tabla de contingencias. Los coeficientes de correlación de Pearson fueron usados para evaluar la relación entre las diferentes micotoxinas. Se utilizó el test no paramétrico de Kruskal–Wallis para analizar el grado de patogenicidad ( $p < 0.05$ ).

#### **4. Resultados:**

El relevamiento de la flora fúngica del INTA Rama caída perteneciente a la DOC San Rafael durante las vendimias 2011 y 2012 y de toda la DOC San Rafael durante la vendimia 2013, reveló la presencia de 4 géneros fúngicos relevantes a tiempo de cosecha en uvas Malbec. Entre ellos, *Alternaria* spp. fue predominante en términos de abundancia relativa (58% en 2011, 81% en 2012 y 2013) seguido por *Cladosporium* (22% 2011, 19% 2012 y 7% 2013) y alternativamente por *Aspergillus* (11% 2011 y 3% 2013) o *Penicillium* (3% 2011 y 4% 2013) (Fig. 1). Además, durante las diferentes vendimias analizadas se encontró un porcentaje menor (<5%) de *Drechslera* y géneros pertenecientes a los Zygomycetes.



**FIGURA 1.** Abundancia relativa (%) de los 4 géneros fúngicos relevantes encontrados en uvas Malbec a tiempo de cosecha en INTA Rama Caída de la DOC San Rafael durante las vendimias 2011 y 2012 y en toda la DOC San Rafael durante la vendimia 2013.

En concordancia con estos resultados, *Alternaria* fue el género más frecuentemente aislado ( $p < 0.01$ ) en términos de uvas infectadas durante la vendimia 2013 (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la abundancia relativa o el porcentaje de uvas infectadas (2013) de *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* o *Penicillium* entre la aplicación o no del tratamiento orgánico (oxicloruro de cobre y azufre) durante las vendimias 2011 y 2012 o entre los viñedos sometidos a tratamiento orgánico o no orgánico en la vendimia 2013.

**TABLA 1.** Porcentaje de uvas Malbec grape de la DOC San Rafael infectadas con géneros fúngicos en medio DRBC durante la vendimia 2013.

Género Fúngico	N° of bayas infectadas ( $n = 90$ )	
	Rango (%)*	Promedio (%)†
<i>Alternaria</i>	94.4-100	96.4 <sup>a</sup>
<i>Cladosporium</i>	0-26.4	12.2 <sup>b</sup>
<i>Penicillium</i>	0-16.0	4.6 <sup>b</sup>
<i>Aspergillus</i>	0-10.1	2.7 <sup>b</sup>

\* Porcentaje máximo y mínimo de uvas para vinificación infectadas.

† Promedio de porcentaje de uvas infectadas.

<sup>a,b</sup> Los valores con superíndices diferentes difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) de acuerdo al test de LSD-Fisher.

De acuerdo a sus patrones de esporulación, los 38 aislados de *Alternaria* fueron identificados como *Alternaria alternata*. La identificación molecular de los mismos basada en el marcador *Alt a 1* confirmó que todos pertenecieron al género *Alternaria* y además fueron incluidos en el grupo-especie *A. alternata*.

El 97% de las 34 cepas de *A. Alternata* fueron capaces de producir al menos 1 de las 3 micotoxinas testeadas (AOH, AME and TA) (Tabla 2).

El ácido tenuazóico fue producido por la mayoría de las cepas (97%) y a los mayores niveles (máximo de 1941.0 ppm y mínimo de 11.2 ppm). Fue seguido por AOH producido por el 71% de las cepas, con un máximo de 437.0 ppm y un mínimo de 1.8 ppm y AME producido por el 56% de las cepas, con un máximo de 663.4 ppm y un mínimo de 0.6 ppm. Entre las cepas productoras de toxinas ( $n = 33$ ), se encontraron

diferentes perfiles: el 55% de las cepas co-produjo TA, AOH y AME, el 18% co-produjo TA y AOH y el 3% co-produjo TA y AME. Además, el 24 % de las cepas fue capaz de producir exclusivamente TA. No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la producción de cada micotoxina (TA, AOH and AME) entre cepas aisladas de bloques con tratamiento orgánico o sin tratamiento, ni tampoco entre cepas de las distintas vendimias (2011 y 2012). Se observó una correlación positiva entre la producción de AOH y AME ( $r = 0.46$ ,  $p = 0.006$ ).

De las 29 cepas de *A. alternata* evaluadas, el 55% resultó muy patógeno, el 31% moderadamente patógeno y sólo una porción menor (14%) poco patógeno (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la capacidad patógena de las cepas aisladas de bloques con tratamiento orgánico o sin tratamiento, ni tampoco de las distintas vendimias (2011 y 2012).

**TABLA 2.** Caracterización de cepas de *Alternaria* aisladas durante las vendimias 2011 y 2012.

Vendimia	Tratamiento orgánico	Especie morfológica	Grupo-especie molecular	Aislado evaluado	Producción de toxinas (ppm)			Grado de Patogenicidad
					TA	AME	AOH	
2011	Tratado	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>	20	162.1	153.4	nd	1
				25.1	1070.8	nd	12.2	2
				27	44.2	nd	nd	3
	No tratado			2	265.3	149.5	29.6	3
				3	1056.8	63.7	27.2	-
				4	583.8	16.0	35.1	1
				7	1176.8	0.6	8.6	-
				8	225.1	nd	nd	3
				15	1080.0	236.5	146.8	1
				18	136.0	nd	18.2	2
2012	Tratado	5.1	73.5	nd	nd	3		
		5.2	55.5	123.9	1.75	2		
		5.3	798.4	nd	nd	2		
		5.4	459.4	nd	nd	3		
		5.5	73.6	663.4	142.8	2		
		7.1	148.2	5.7	19.3	3		
		7.2	282.1	9.9	107.5	3		
		7.3	441.3	22.6	2.2	3		
		7.4	46.0	nd	nd	1		
		7.5	1941.1	10.8	60.4	3		
		8.1	11.2	nd	nd	3		
		8.2	-	-	-	-		
		8.3	119.9	289.5	180.6	2		
		8.4	726.5	6.7	17.1	-		
	No tratado	1.1	655.3	139.5	437.0	-		
		1.2	387.1	117.7	19.9	3		
		1.3	-	-	-	-		
		1.4	45.1	nd	12.3	3		
		2.1	152.9	nd	nd	3		
		2.2	594.1	nd	101.7	3		
		2.3	101.9	34.5	71.3	3		
		2.4	433.7	0.9	7.4	2		
		2.5	1412.0	nd	26.9	2		
		3.1	nd	nd	nd	-		
		3.2	-	-	-	-		
		3.3	594.4	nd	21.2	3		
		3.4	-	-	-	-		
		3.5	539.1	24.9	2.9	2		
Promedio 2011-2012					481.6	108.9	62.9	

TA: Ácido Tenuazóico; AOH: Alternariol; AME: Alternariol monometil éter.

nd: no detectado bajo el LOQ.

-: no determinado.

## 5. Conclusiones:

Este estudio resulta el primero con un enfoque polifásico que caracteriza cepas de *Alternaria alternata* de uvas para vinificar, mediante identificación molecular y morfológica, habilidad toxicogénica y patogenicidad. Nuestros resultados indican una alta incidencia y prevalencia del género *Alternaria* a través de los años e inclusive a

pesar del uso rutinario de prácticas de control en los viñedos. También se encontró un elevado porcentaje de cepas de *Alternaria* toxicogénicas y patogénicas y gran producción de toxinas, especialmente de TA, sugiriendo que el género *Alternaria* podría significar un riesgo en uvas para vinificar. No obstante, se deben realizar más estudios en orden de evaluar el grado de contaminación natural de uvas para vinificar y vino con micotoxinas de *Alternaria* y desarrollar métodos estandarizados con este propósito, con el objeto de contribuir a establecer límites para estas toxinas en alimentos.

## 6. Bibliografía:

- Andersen, B.,** Krøger, E., Roberts, R.G. (2001). Chemical and morphological segregation of *Alternaria alternata*, *A. gaisen* and *A. longipes*. *Mycological Research* 105: 291-299.
- Cadez, N.,** Zupan, J, Raspor, P (2010). The effect of fungicides on yeast communities associated with grape berries. *FEMS Yeast Research* 10: 619-630.
- EFSA** on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2011) Scientific opinion on the risk for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA J* 9(10):2407. [97 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2011.2407. ([www.efsa.europa.eu/efsajournal](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal)).
- Fleet, G.H.** (1999). Microorganisms in food ecosystems. *International Journal of Food Microbiology* 50: 101-117.
- Greco, M.,** Patriarca, A., Terminiello, L., Fernández Pinto, V., Pose, G. (2012). Toxigenic *Alternaria* species from Argentinean blueberries. *International Journal of Food Microbiology* 154: 187-191.
- Leslie, J.F.,** Summerell, B.A. (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell. Profess. Ames, Iowa.
- Logrieco, A.,** Moretti, A., Solfrizzo, M. (2009). *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal* 2: 129-140.
- Ostry, V.** (2008). *Alternaria* mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. *World Mycotoxin Journal* 1: 175-178.
- Pavón, M.A.,** González, I., Pegels, N., Martín, R., García, T. (2010). PCR detection and identification of *Alternaria* species-groups in processed foods based on the genetic marker *Alt a 1*. *Food Control* 21: 1745-1756.
- Pitt, J., Hocking, A.** (2009). *Fungi and Food Spoilage*. (3rd ed.). Springer, New York.
- Pizzutti, I.,** Kok, A., Scholten, J., Righi, L., Cardoso, C., Rohers, G., Da Silva, R. (2014). Development, optimization and validation of a multimethod for the determination of 36 mycotoxins in wines by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Talanta* 129: 352-63.
- Rousseaux, S.,** Diguta, C.F., Radoi-Matei, F., Alexandre, H., Guilloux-Bénatier, M. (2014). Non-*Botrytis* grape-rotting fungi responsible for earthy and moldy off-flavors and mycotoxins. *Food Microbiology* 38:104-121.
- Scott, P.,** Lawrence, B., Lau, B. (2006). Analysis of wines, grape juices and cranberry juices for *Alternaria* toxins. *Mycotoxin Research* 22: 142-147.
- Simmons, E.G. (2007). *Alternaria: an Identification Manual*. In: Samson R (ed). CBS Biodiversity serie 6. Netherlands.
- Smedsgaard, J.** (1997). Micro-scale extraction procedure for standardized screening of fungal metabolites production in cultures. *Journal of Chromatography A* 760: 264-270.
- Tournas, V.,** Stack, M. (2001). Production of alternariol and alternariol methyl ether by *Alternaria alternata* grown on fruits at various temperatures. *Journal of Food Protection* 64: 528-532.

## 32TCA - INFLUENCIA DE *Aureobasidium pullulans* PECTINOLÍTICO EN VINIFICACIONES EN TINTO CONDUCIDAS A BAJA TEMPERATURA

MERÍN, M.G.<sup>1,2</sup>; MARTÍN, M.C.<sup>1,2</sup>; CARRIÓN, R.<sup>1</sup>; MORATA, V.I.<sup>1,2</sup>

1- Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, UNCuyo. 2- Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, UNCuyo-CONICET. B. de Irigoyen 375, San Rafael, Mendoza, Argentina.  
[mgmerin@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mgmerin@fcai.uncu.edu.ar)

### Resumen

Una técnica de vinificación en tinto novedosa conducente a la elaboración de vinos de alta calidad enológica es la fermentación a baja temperatura. Sin embargo, la extracción de color se ve disminuida a bajas temperaturas de maceración. Este efecto puede compensarse con el uso de enzimas pectinolíticas “activas en frío”. Considerando el papel fundamental que desempeñan las levaduras en la fermentación, se podrían adicionar en el proceso de vinificación cepas autóctonas de ecosistemas vitivinícolas que produzcan pectinasas activas a bajas temperaturas *in situ*. En el presente trabajo se estudió el comportamiento cinético y enzimático de la cepa pectinolítica *A. pullulans* GM-R-22 durante la vinificación y su efecto sobre las propiedades enológicas en vinos tintos elaborados a baja temperatura y a escala piloto. Se llevaron a cabo fermentaciones a baja temperatura (17°C) en presencia y ausencia del microorganismo pectinolítico y una fermentación tradicional (25°C) de mosto Malbec en ausencia de dicho microorganismo. Se utilizó la cepa comercial *S. cerevisiae* IOC 18-2007 como iniciador de fermentación. Se siguió la evolución de las poblaciones de levaduras totales y de *A. pullulans*, y la actividad pectinolítica durante las vinificaciones, así como el efecto de este tratamiento sobre parámetros cromáticos (IC, Matiz, antocianos totales, IPT e índices CIELab) y tecnológicos (filtrabilidad) de los vinos obtenidos. Los resultados indicaron que i) *A. pullulans* pectinolítico pudo crecer y mantenerse viable durante los primeros 5 días de fermentación y no modificó el crecimiento de la levadura *S. cerevisiae* comercial ni la cinética fermentativa; ii) esta cepa produjo altos niveles de actividad pectinolítica y las pectinasas se mantuvieron activas bajo las condiciones de vinificación; iii) estas enzimas produjeron una mayor extracción de color y polifenoles totales respecto a un vino control sin tratamiento enzimático, compensado el efecto limitante de la baja temperatura de maceración, y una disminución en el tiempo de filtración en los vinos terminados. La vinificación en tinto a baja temperatura en presencia de la cepa pectinolítica condujo a la obtención de vinos con características cromáticas similares o mejores a las de los vinos tradicionales. El impacto de este microorganismo en la calidad sensorial de los vinos debe ser evaluado.

### 1. Introducción

La vinificación tradicional en tinto se caracteriza por el desarrollo simultáneo de la maceración y la fermentación alcohólica. Diferentes técnicas de vinificación han sido propuestas considerando el efecto selectivo de las condiciones de maceración sobre la extracción de compuestos de la uva y las reacciones en los cuales ellos participan. Entre estos métodos, las fermentaciones conducidas a baja temperatura (15-20°C) pueden aumentar la producción y retención de compuestos volátiles, mejorando el perfil aromáticos de los vinos (Molina y col., 2007). La vinificación a baja temperatura es tradicionalmente aplicada para la elaboración de vinos blancos, pero está actualmente



ganando terreno en la vinificación en tinto para la producción de vinos de alta gama. Sin embargo, la extracción de color se ve disminuida a bajas temperaturas de maceración. Este efecto puede compensarse con el uso de enzimas de maceración “activas en frío”, las cuales aseguran una buena extracción de pigmentos a baja temperatura (Martín y Morata, 2014).

La adición de enzimas enológicas es una práctica común en las bodegas. Las de mayor uso son las enzimas pectinolíticas o pectinasas, empleadas para mejorar la clarificación y filtración de los vinos elaborados, así como también la extracción de pigmentos y otros polifenoles durante la etapa de maceración, particularmente en vinificación en tinto (Doco y col., 2007; Romero-Cascales y col., 2012). Las pectinasas actúan sobre las sustancias pécticas, que son polisacáridos estructurales presentes en la lámina media de la pared celular vegetal abriendo canales por donde fluye el jugo con sustancias disueltas en él, además del arrastre de sustancias asociadas a las estructuras de la pared celular. Entre ellas, los polifenoles son uno de los compuestos más importantes de los vinos tintos. Los antocianos son los pigmentos responsables del color rojo de las uvas y vinos tintos jóvenes, mientras que los taninos exhiben alta capacidad antioxidante y son los responsables de la astringencia y amargor del vino (Cheynier y col., 2006). Estos compuestos se encuentran principalmente localizados en las semillas y hollejos, y difunden al mosto-vino durante la maceración, proceso que puede ser favorecido por la presencia de las enzimas de maceración.

Actualmente, la industria vitivinícola dispone de numerosas preparaciones pectinolíticas para aplicar a lo largo del proceso de vinificación (Alimardani-Theuil y col., 2011). Las mismas son producidas principalmente por cepas de *Aspergillus niger*, sin embargo poseen actividades secundarias indeseables (da Silva y col., 2005) y deben importarse a nuestro país a un alto precio. La tendencia actual consiste en la búsqueda de fuentes alternativas de pectinasas, que eviten el agregado de enzimas comerciales en vinificación. Considerando el papel fundamental que desempeñan las levaduras en la fermentación, sería útil contar con cepas autóctonas de ecosistemas vitivinícolas que, inoculadas en el proceso de vinificación, produzcan pectinasas extracelulares *in situ*. En trabajos previos, se ha aislado a partir de uva, identificado y caracterizado una cepa pectinolítica, *Aureobasidium pullulans* GM-R-22, capaz de producir pectinasas activas a bajas temperaturas y durante el proceso de vinificación a escala de laboratorio (Merín et al., 2011; Merín, 2012), logrando mejorar las características cromáticas y tecnológicas de vinos Malbec. Sin embargo, es necesario evaluar esta tecnología a mayor escala.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento cinético y enzimático de *A. pullulans* GM-R-22 durante la vinificación y su efecto sobre las propiedades enológicas en vinos tintos elaborados a baja temperatura a escala piloto, para proponer una tecnología alternativa que permita alcanzar vinos con óptimas propiedades tecnológicas y sensoriales.

## **2. Metodología**

### ***Ensayo de vinificación***

Uvas cv. Malbec (*Vitis vinifera*) fueron cosechadas en la vendimia 2014 en estado de madurez tecnológica (23,5°Bx; Acidez Total en ácido tartárico: 3,82 g/L; pH 3,92) y molidas mecánicamente. El mosto fue suplementado con metabisulfito de sodio (80 mg SO<sub>2</sub>/L) y la acidez total corregida a 5,5 g/L de ácido tartárico.

Las vinificaciones se llevaron a cabo en tanques plásticos de 25 L, y se utilizó como cultivo iniciador de fermentación la levadura seca activa comercial IOC 18-2007 (Institut Œnologique de Champagne). Se aplicaron tres tratamientos, por duplicado: i) co-inoculación de *Saccharomyces cerevisiae* comercial y *A. pullulans* pectinolítico y

fermentación a baja temperatura conducida a  $17\pm 3^{\circ}\text{C}$  (FBT-muestra), ii) inoculación de *Saccharomyces cerevisiae* comercial y fermentación a baja temperatura conducida a  $17\pm 3^{\circ}\text{C}$  (FBT-control), y iii) inoculación de *Saccharomyces cerevisiae* comercial y fermentación tradicional conducida a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  (FT-testigo).

El cultivo iniciador de *S. cerevisiae* comercial se preparó según las indicaciones del fabricante y se inoculó a una concentración de 200 mg/L (concentración inicial en el mosto de  $2\times 10^6$  ufc/mL) y los pie de cuba de *A. pullulans* se realizaron en mosto Malbec diluido al cuarto para obtener una concentración inicial de  $2\times 10^5$  ufc/mL.

Las fermentaciones se siguieron por medición de la densidad. En todos los casos se efectuaron dos removidos diarios, y al final de la fermentación alcohólica los vinos fueron escurridos por gravedad, desborrados dos veces y almacenados en botellas de 750 mL.

### ***Recuento de microorganismos***

El crecimiento de los microorganismos se evaluó por el método de las diluciones sucesivas usando el medio YPD-agar. Este medio permitió realizar la enumeración diferencial de *A. pullulans* respecto a *S. cerevisiae* y otras levaduras autóctonas provenientes del mosto, debido a sus diferencias morfológicas.

### ***Ensayo de la actividad pectinolítica***

La actividad pectinolítica fue determinada durante la vinificación sobre el mosto-vino centrifugado ( $10000\times g$ , 15 min,  $4^{\circ}\text{C}$ ) por la cuantificación de azúcares reductores medidos con el reactivo ácido 3,5-Dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959), utilizando una dispersión de pectina cítrica como sustrato (0,25% en buffer cítrico/citrato 50 mM, pH 3,6) y una temperatura de incubación de  $20^{\circ}\text{C}$ . Una unidad enzimática (UE) se define como la cantidad de enzima que libera un  $\mu\text{mol}$  de ácido galacturónico por minuto.

### ***Características físico-químicas de los vinos***

El análisis físico-químico de los vinos elaborados fue llevado a cabo de acuerdo a los métodos de referencia oficiales del INV (Instituto Nacional de Vitivinicultura, Argentina).

### ***Características cromáticas de los vinos***

Los vinos fueron analizados durante la maceración mediante espectrofotometría, utilizando un equipo UV/Vis (Metrolab 1700). Previamente, las muestras fueron centrifugadas a  $10000\times g$  durante 10 minutos. Se midieron los parámetros clásicos, incluyendo Índice de Color (IC), Matiz e Índice de Polifenoles Totales (IPT), de acuerdo a los protocolos propuestos por el INV y por metodologías descritas por Ribereau-Gayón y col. (1998). Los antocianos totales fueron determinados según el método de Puissant-Leon (Cayla y col., 2002). La caracterización del color fue también realizada mediante el sistema CIELab (*Comisión Internacional de L'Eclairage*), para lo cual los parámetros  $L^*$  (Luminosidad),  $C^*$  (Saturación),  $H^*$  (Tono),  $a^*$  y  $b^*$  (intensidad de color rojo y amarillo, respectivamente) fueron calculados utilizando el software MSCV® (Ayala y col., 2001). La diferencia de color CIELab ( $\Delta E_{r,s}^*$ ) fue calculada mediante la ecuación (1):

$$\Delta E_{r,s}^* = [(L_A^* - L_B^*)^2 + (a_A^* - a_B^*)^2 + (b_A^* - b_B^*)^2] \quad (1)$$

donde A y B corresponden a dos muestras de vinos diferentes.

### Ensayo de filtrabilidad

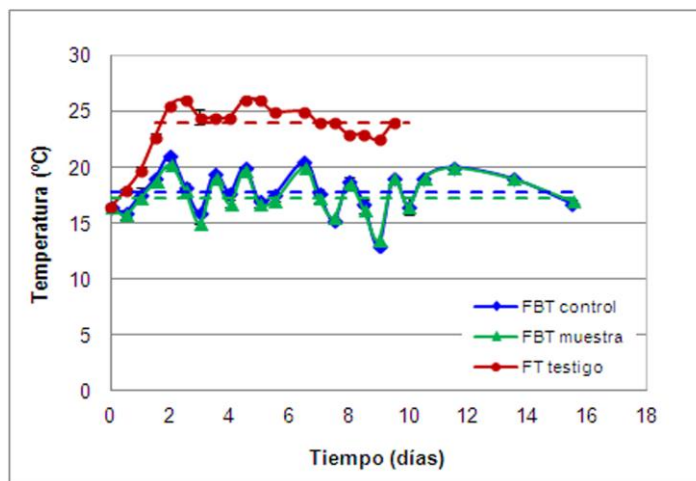
Se evaluó el efecto de la cepa pectinolítica sobre la filtrabilidad del vino resultante, midiendo el tiempo requerido para que 25 mL de producto final pasen a través de una membrana de celulosa (0,45  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro) según el método propuesto por Fernández-González y col. (2005) modificado.

### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante ANOVA y Test de Rangos Múltiples, utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1. Las diferencias entre medias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando el valor p del test F fue menor a 0,05 (95% de nivel de confianza).

## 3. Resultados y Discusión

Ensayos de fermentación en mosto Malbec a baja temperatura (FBT), en presencia y ausencia de *A. pullulans* pectinolítico, fueron realizados y comparados con una fermentación tradicional en tinto (FT). Los perfiles de temperatura y la duración total del tiempo de maceración para cada tratamiento se muestran en la Figura 1.



**FIGURA 1.** Perfiles térmicos de las vinificaciones ensayadas. En líneas punteadas se muestra la temperatura media para cada tratamiento.

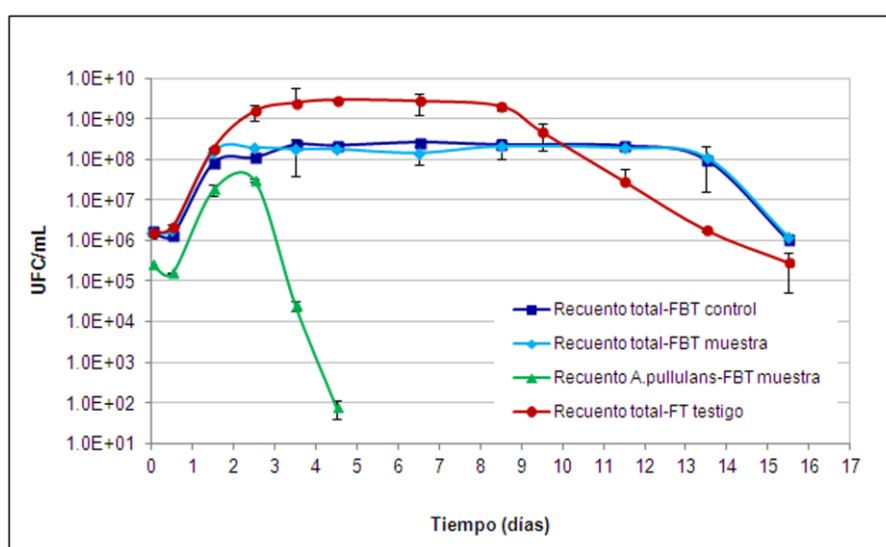
La temperatura media de fermentación para el tratamiento muestra (FBT en presencia de *A. pullulans* pectinolítico) y para el control (FBT sin tratamiento pectinolítico) fue 17,3 y 17,8°C, respectivamente, mientras que para el tratamiento testigo (FT) fue 24,0°C. La maceración total en los vinos de FBT duró 16 días, mientras que la FT duró 10 días, debido a que la velocidad de fermentación aumenta al incrementarse la temperatura.

La composición química de los vinos al final de la fermentación alcohólica se puede observar en la Tabla 1. No fueron encontradas diferencias significativas en el contenido de alcohol entre los vinos, y los demás parámetros se mantuvieron por debajo de los niveles máximos permitidos.

**TABLA 1.** Características físico-químicas de los vinos evaluados al final de la fermentación alcohólica.

Tratamiento	Alcohol (%, v/v)	Densidad (g/mL)	Azúcares residuales (g/L)	pH	Acidez total (g/L, ácido tartárico)	Acidez volátil (g/L, ácido acético)	Extracto seco (g/L)	Glicerol (g/L)
FBT control	14,40 a	0,9896 a	1,08 a	3,79 a	5,50 a	0,53 ab	26,80 a	11,05 a
FBT muestra	14,40 a	0,9901 a	2,10 b	3,87 a	5,60 a	0,46 a	28,80 b	10,55 a
FT testigo	14,55 a	0,9902 a	1,40 ab	3,80 a	5,55 a	0,58 b	29,20 c	11,70 b

La Figura 2 muestra la evolución de las poblaciones de levaduras totales y de *A. pullulans* presentes en los distintos tratamientos durante la fermentación.

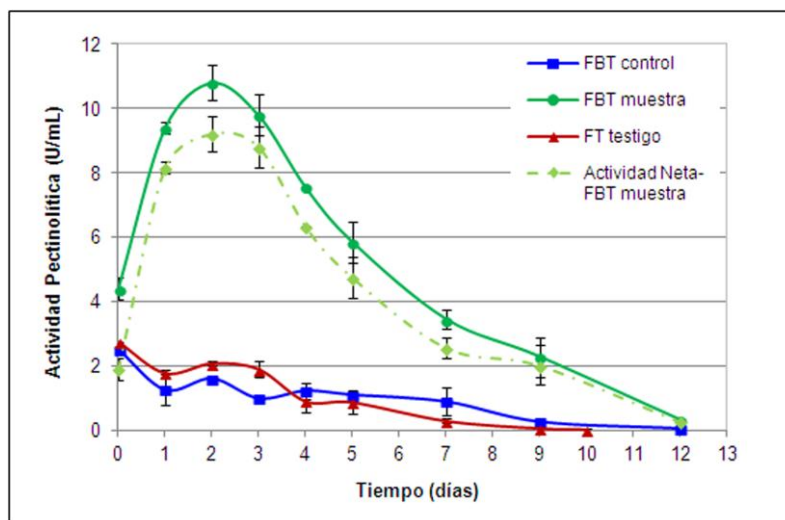


**FIGURA 2.** Evolución de las poblaciones de levaduras totales durante la vinificación y de la población de *A. pullulans* en la vinificación a bajas temperaturas.

La cepa pectinolítica, *A. pullulans* GM-R-22, mostró un crecimiento exponencial después de las 12 h, alcanzando su máxima densidad celular ( $3,15 \times 10^7$  ufc/mL) el día 3 de FBT. Después de este período comenzó la fase de muerte celular. Otros autores han reportado también la presencia de *A. pullulans* en mosto de uva y su viabilidad sólo en la primera etapa de fermentaciones espontáneas (Di Maro y col., 2007). *S. cerevisiae* (predominante en el recuento total) no modificó significativamente su biomasa en presencia o ausencia de *A. pullulans* en la FBT, alcanzando similar concentración máxima (alrededor de  $2,5 \times 10^8$  ufc/mL). La población microbiana total en la FT llevada a cabo a mayor temperatura (25°C) fue más alta que la de las fermentaciones conducidas a baja temperatura, alcanzando una máxima densidad celular de  $2,9 \times 10^9$  ufc/mL.

La Figura 3 presenta la evolución de la actividad pectinolítica durante la fermentación. En la vinificación FBT-muestra se observa la producción de enzimas pectinolíticas con actividad máxima el segundo día de fermentación (10.8 U/mL). Luego, la actividad decreció gradualmente conforme aumentaba la concentración de etanol. Sin embargo, las pectinasas mantuvieron buenos niveles de actividad hasta el día 7 de la FBT. Las vinificaciones control (FBT) y testigo (FT), llevadas a cabo en ausencia de *A. pullulans*, mostraron niveles bajos de actividad pectinolítica a lo largo de las vinificaciones, lo que

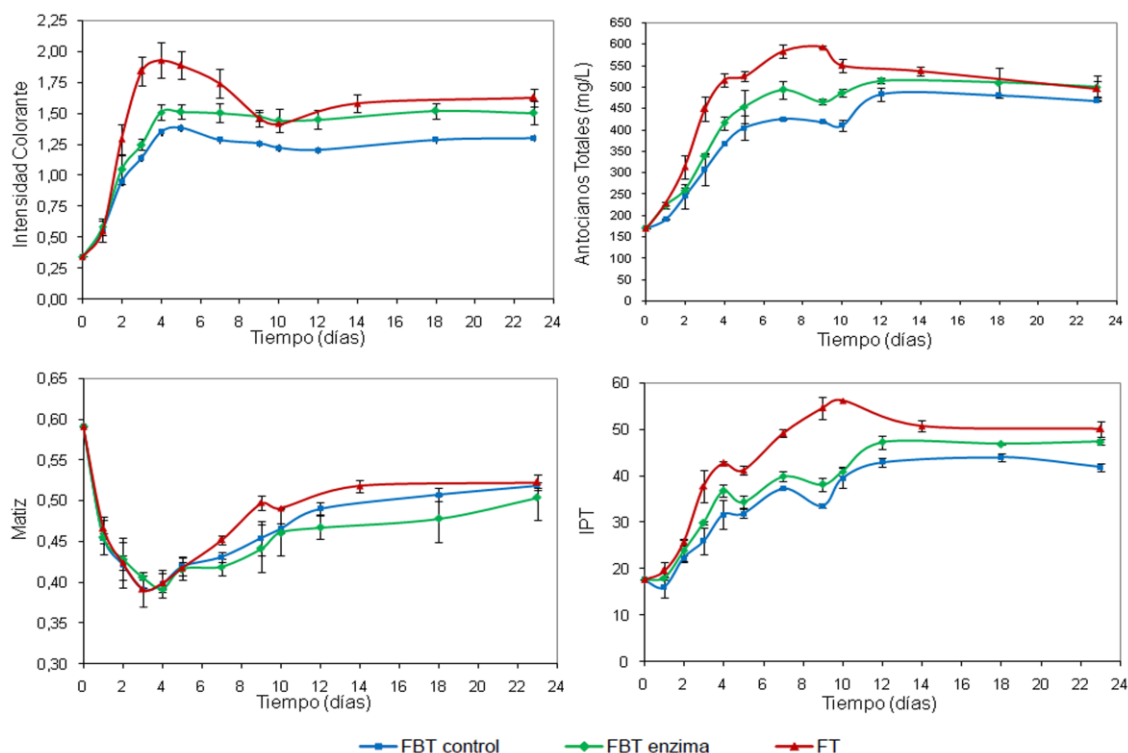
puede atribuirse a la actividad pectinasa endógena del mosto de uva (Fig. 3). El hecho de que la actividad pectinolítica obtenida en la vinificación en presencia de *A. pullulans* fue significativamente mayor que la actividad enzimática producida en las fermentaciones control y testigo, demuestra que la cepa pectinolítica fue capaz de producir pectinasas activas bajo condiciones enológicas.



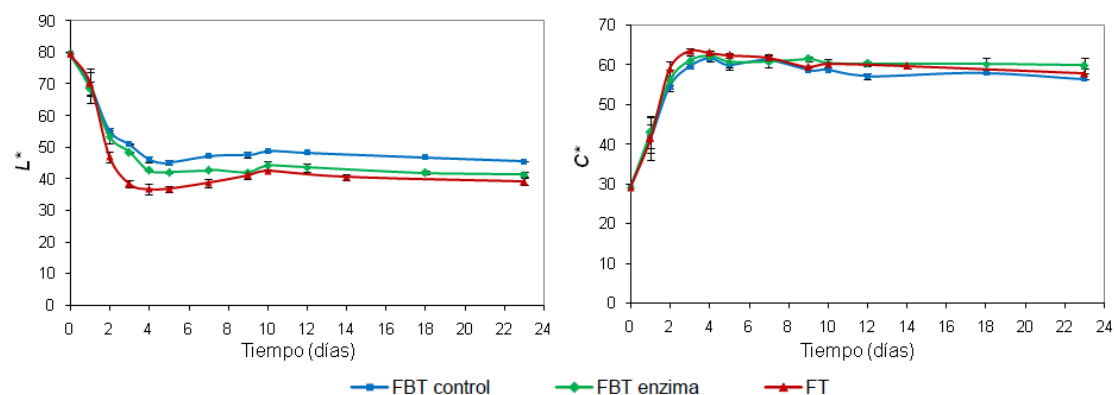
**FIGURA 3.** Actividad pectinolítica durante la fermentación alcohólica en los distintos tratamientos.

Adicionalmente, se evaluó el efecto de *A. pullulans* sobre la filtrabilidad del producto final. En los vinos inoculados con la levaduras pectinolítica se observó una disminución del 24,6% y 47,1% en el tiempo de filtración respecto al vino control (FBT) y al vino testigo (FT), respectivamente (datos no mostrados). Resultados similares fueron reportados previamente por Fernández-González y col. (2005).

Las Figuras 4 y 5 muestran la evolución del color de los vinos mediante parámetros de color clásicos y sistema CIELab.



**FIGURA 4.** Evolución del color durante la fermentación de los tres vinos, mediante parámetros clásicos.



**FIGURA 5.** Evolución del color durante la fermentación de los tres vinos, mediante el sistema CIELab.

Los vinos elaborados a baja temperatura mostraron una cinética de extracción similar a lo largo de la maceración, pero el vino conteniendo la levadura pectinolítica evidenció una mayor extracción de color. Este último mantuvo valores más altos de IC, IPT y de antocianos totales durante toda la maceración, respecto al vino control, así como menores valores de matiz, indicando una mayor contribución al color de pigmentos rojos que amarillos. Un comportamiento similar fue observado para el parámetro cromático  $L^*$ , donde el vino muestra exhibió menores valores que el control (a menores valores de luminosidad, mayor intensidad de color); sin embargo produjo leves diferencias en el parámetro  $C^*$  (saturación o chroma métrico). Con respecto al vino testigo (FT), se observó una rápida extracción de color y de polifenoles totales durante los primeros días de maceración, pero posteriormente una marcada disminución.

Usualmente, los antocianos alcanzan un máximo alrededor del tercer o cuarto día de maceración, después de lo cual decaen, en parte debido a reacciones de oxidación y polimerización, así como también por adherencia de estos compuestos a las paredes de la levadura u hollejos presentes en el medio (Fulcrand y col., 2006). No obstante, esta tendencia no fue observada en los vinos elaborados a baja temperatura, produciéndose por lo tanto una extracción de pigmentos más progresiva y estable. Cabe destacar que al final de la fermentación alcohólica, el vino muestra alcanzó mejores parámetros cromáticos que su respectivo control, sin enzima, y que el vino testigo elaborado tradicionalmente. La diferencia de color CIELab ( $\Delta E_{r,s}^*$ ) entre los dos primeros vinos fue de 6,27 unidades CIELAB, y respecto al vino testigo, 7,80 unidades CIELAB. Valores mayores a 2,7 unidades indican que los dos vinos comparados presentan características cromáticas diferenciales entre ellos y que pueden ser percibidas por el ojo humano (Martínez y col., 2001). Así, los resultados muestran que un observador podría percibir disparidades en ambas comparaciones, apreciando mejores parámetros cromáticos en el vino muestra.

#### 4. Conclusiones

La levadura *S. cerevisiae* comercial no modificó su cinética de crecimiento ni su actividad fermentativa por la presencia de la *A. pullulans* GM-R-22 en co-cultivo durante la vinificación a baja temperatura. La cepa pectinolítica se mantuvo viable durante los primeros 5 días de fermentación y fue capaz de producir niveles elevados de actividad pectinolítica bajo condiciones de vinificación a baja temperatura. La incorporación de *A. pullulans* pectinolítico en vinificaciones en tinto elaboradas a baja temperatura compensó la disminución de la extracción de color debida a la baja temperatura de maceración y produjo una disminución en el tiempo de filtración, haciendo por tanto más eficiente esta etapa. Estudios adicionales, como evaluación del perfil aromático, evaluaciones sensoriales, así como estudios de la estabilidad del color en el tiempo, están siendo llevados a cabo para proponer esta tecnología como una alternativa a la vinificación convencional.

#### 5. Bibliografía

- Alimardani-Theuil, P., Gainvors-Claisse, A. & Duchiron, F. (2011). Yeasts: An attractive source of pectinases-From gene expression to potential applications: A review. *Process Biochemistry* 46, 1525-1537.
- Ayala, F., Echávarri, J.F. & A.I. Negueruela. (2001). Método Simplificado para el Color del vino. Universidad de La Rioja y de Zaragoza, España ([www.unizar.es/negueruela/descargas/MSCVes.zip](http://www.unizar.es/negueruela/descargas/MSCVes.zip))
- Cayla, L., Cottureau, P. & Renard, R. (2002). Estimation de la maturité phénolique du raisin rouge par la méthode I.T.V. standard. *Revue des Oenologues* 193, 84-87.
- Cheyrier, V., Duenas, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J.M., Sarni-Manchado, P. & Fulcrand, H. (2006). Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture* 57(2), 298-305.
- da Silva, E.G., Borges, M.F., Medina, C., Piccoli, R.H. & Schwan, R.F. (2005). Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits. *FEMS Yeast Research* 5, 859-865.
- Di Maro, E., Ercolini, D. & Coppola, S. (2007). Yeast dynamics during spontaneous wine fermentation of Catalanese grape. *International Journal of Food Microbiology* 117, 201-210.
- Doco, T., P. Williams, P. & Cheyrier, V. (2007). Effect of flash release and pectinolytic treatments on wine polysaccharide composition. *J. Agr. Food Chem.* 55, 6643-6649.
- Fernández-González, M., Úbeda, J.F., Cordero Otero, R.R., Thanvanthri Gururajan, V. & Briones, A.I. (2005). Engineering of an oenological *Saccharomyces cerevisiae* strain with pectinolytic activity and its effect on wine. *International Journal of Food Microbiology* 102,173-183.
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E. & Cheyrier, V. (2006). Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 289-297.

- Martín, M.C. & Morata, V.I. (2014). Effect of a cold-active pectinolytic system on colour development of Malbec red wines elaborated at low temperature. *International Journal of Food Science & Technology* 49-8, 1893-1901.
- Martínez, J.A., Melgosa, M., Perez, M.M., Hita, E. & Negueruela, A.I. (2001). Visual and instrumental color evaluation in red wines. *Food Sci. Technol. Int.* 7, 439-444.
- Merín, M.G., Mendoza, L.M., Farías, M.E. & Morata de Ambrosini, V.I. (2011). Isolation and selection of yeasts from wine grape ecosystem secreting cold-active pectinolytic activity. *International Journal of Food Microbiology* 147, 144-148.
- Merín, M.G. (2012). Estudio del sistema pectinolítico de levaduras autóctonas de la región vitivinícola DOC (Denominación de Origen Controlada) San Rafael (Mza.). Tucumán. Tesis doctoral.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry* 31, 426-428.
- Molina, A., Swiegers, J.H., Varela, C., Pretorius, I.S. & Agosin, E. (2007). Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology* 77, 675-687.
- Ribéreau-Gayon, P. (1998). *Traité d'Oenologie. 2-Chimie du vin. Stabilisation et traitements.* Editions La Vigne, Paris (1998).
- Romero-Cascales, I., Ros-Garcia, J.M., Lopez-Roca, J.M. & Gomez-Plaza, E. (2012). The effect of a commercial pectolytic enzyme on grape skin cell wall degradation and colour evolution during the maceration process. *Food Chemistry* 130, 626-631.



# **33TCA - MICROPARTÍCULAS LIPÍDICAS SÓLIDAS (slm) COMPUESTAS POR LECITINA DE SOJA, MANTECA DE CACAO Y VITAMINA E: CARACTERIZACIÓN, COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y SU APLICACIÓN COMO ADITIVO PARA YOGURT**

**MARTÍNEZ, L.; MONTANARI, J.; IGARTÚA, D.; PERROTTA, R.; ALONSO, S. DEL V.**

**LBM, GBEyB (IMBICE-CONICET), Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Roque S Peña 352 Bernal, Buenos Aires. CP (B1876BXD)**

**Email: [salonso@unq.edu.ar](mailto:salonso@unq.edu.ar)**

## **Resumen**

Se diseñaron unas nuevas formulaciones de micropartículas lipídicas sólidas (SLM, por “*Solid Lipid Microparticles*”) compuestas de lecitina de soja (SPC), manteca de cacao (CB), vitamina E (VE) y ácido esteárico (SA) o estearato de calcio (CaS) fueron caracterizadas por técnicas de *light scattering* (tamaño y estabilidad en el tiempo), potencial zeta (carga superficial y estabilidad), reología (tensión de corte y velocidad de deformación), microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM) (tamaño y morfología), para ser utilizadas como potenciales aditivos para alimentos tales como yogurt firme o bebible. Además, las propiedades reológicas de las formulaciones se compararon antes y después de su adición a los distintos tipos de yogurts, firmes y bebibles.

Los resultados de estabilidad a 15 días revelaron que la formulación más estable fue la que contenía CaS. Todas presentaron un potencial zeta negativo de alto módulo (c.a.-60 mV), lo que corresponde a formulaciones estabilizadas electrostáticamente, con baja tendencia a la agregación. El estudio de tamaños reveló poblaciones de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$ , con agregados cuya presencia fue corroborada por SEM.

Los datos de comportamiento reológico fueron ajustados con el modelo de Herschel-Bulkley. La Consistencia (K) y el índice de flujo (n) obtenidos indicaron un comportamiento pseudoplástico para todas las formulaciones ensayadas, característica deseada para su inclusión en alimentos.

## **1. Introducción**

El uso de alimentos o productos comestibles para la promoción de la salud es un estudio emergente que se conoce como “nutricéutica”. La Fundación para la Innovación en Medicina (FIS) (USA, 1989) define a los nutricoséuticos como “cualquier sustancia que es comestible o es parte de algún comestible y que provee beneficios médicos o para la salud”, entre los cuales se cuenta al aumento de la capacidad antioxidante (Alanazi 2013). Entre los nutricoséuticos, los lípidos suscitan el mayor interés, destacándose entre ellos ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas liposolubles (Piorkowski and Mc Clements, 2014) como la VE. Por otra parte, la SPC es un compuesto de especial importancia nutricional que protege contra la oxidación de los compuestos adicionados en las suspensiones (Pan et al. 2013). Además, la CB es el componente principal del chocolate blanco y posee cualidades deseables como estabilidad y un punto de fusión justo por debajo de la temperatura del cuerpo humano promedio, que es lo que hace que el chocolate se mantenga sólido a temperatura ambiente pero se funde en la boca. Presentando además propiedades antioxidantes naturales (Byung-Do et al., 2005;

Dhonsi and Stapley, 2006). La propuesta incluye también el agregado de ion Ca en forma de CaS (Marsanasco et al, 2012).

Las SLM combinan dos características favorables para la adición en alimentos: son transportadores coloidales de tamaños micrométricos compuestos por lípidos sólidos a temperatura ambiente. Estos transportadores suelen estar compuestos por sustancia inertes, generalmente reconocidas como seguras (GRAS), por lo que tendrían muy baja o nula toxicidad en humanos (Müller et al. 2002; Silva et al. 2012). Dado que la VE, la SPC y la CB son compuestos GRAS se decidió incorporarlos en formulaciones SLM como aditivos nutracéuticos para yogurts tanto firmes como bebibles. Las caracterizaciones realizadas incluyen el estudio de las propiedades reológicas, tamaño y estabilidad en el tiempo, carga superficial y observaciones por microscopías.

El estudio de la reología tiene gran importancia en la industria alimenticia dado que se aplica en el control de calidad de los alimentos y en el estudio de la textura y consistencia de los mismos (Fernandez et al., 2012) Estas son características que influyen sobre la percepción de la calidad, la estabilidad de emulsiones y suspensiones, el diseño de operaciones básicas como bombeo, mezclado y envasado, almacenamiento, entre otras. La reología estudia el flujo y la deformación de los materiales bajo la acción de una o más fuerzas externas. Cuando un material comienza a deformarse por acción de una fuerza externa adquiere el comportamiento de un fluido. Así fluye de manera continua hasta cesar las fuerzas aplicadas sobre él. La velocidad y el tipo de deformación determinan sus propiedades reológicas. (Bosisio y Fernandez, 2009)

## **2. Objetivos**

Obtención y caracterización fisicoquímica de un aditivo nutracéutico agregado en forma de MLS, rico en Vitamina E y antioxidantes (CB y SPC) para ser utilizado como potencial aditivo en yogurts tanto firmes como bebibles.

## **2. Metodologías**

### **2.1 Materiales**

La lecitina de soja (SPC) utilizada fue de grado “apto para consumo humano”; la manteca de cacao (CB) y la Vitamina E (VE) se obtuvieron de Parafarm (Argentina); el ácido esteárico (SA) y el estearato de calcio (CaS), de Vitalquim (Argentina); el Tween 20, de Promega (USA). El yogurt utilizado fue “Yogurísimo” de La Serenísima (Argentina) en sus versiones firme y bebible.

### **2.2 Preparación de las SLM**

Las dispersiones de SLM fueron obtenidas en base a los métodos descriptos por Müller (Müller et al., 2002). La CB fue calentada y disuelta en mezclas de SPC y VE por encima de 70°C para lograr la fusión del SA y de los demás lípidos. Para la formulación sin SA ni CaS, se fundió una mezcla de SPC:CB:VE (1:1:0,055 en masa) y dicha fase lipídica se dispersó gota a gota en una solución del surfactante (50 ml de agua conteniendo 100 µl de Tween 20) precalentada a 70°C bajo agitación con un equipo Ultra-Turrax T25 (Janhke & Kunkel GmbH and Co KG, Staufen, Alemania) a 15000 rpm durante 10 minutos manteniendo la temperatura constante. Seguidamente, cada microemulsión se dejó enfriar O.N. (overnight) a 4°C, permitiendo la recrystalización de la fase lipídica y por ende la formación de las SLM. Para las formulaciones con SA o CaS, estos fueron agregados a la fase lipídica antes de su dispersión en la fase acuosa, de modo de quedar en proporción 1:025 M respecto de SPC.

### 2.3 Caracterización reológica

Se utilizó un reómetro de tensión controlada AR-G2 (TA Instruments) con control de temperatura y una geometría cono plato de 40 mm de diámetro (2° de ángulo y 55 µm de truncación) sobre un plato Peltier. La velocidad de deformación por corte por cizallamiento fue desde 0,1 a 500 s<sup>-1</sup>. En todos los ensayos, una alícuota de la muestra se colocó sobre el plato a 4 °C o a 25 °C. La muestra alcanzó la temperatura deseada dentro de los 2 min. Luego de 30 segundos, se inició el ensayo para cada una de las formulaciones.

### 2.4 Caracterización físico-química

La distribución del tamaño de partículas se determinó en el rango 0,1-1000 µm utilizando un analizador de partículas por *Laser Light Scattering* (Malvern Mastersizer 2000E, Malvern Instruments Ltd, UK). La dispersión se realizó a 2000 rpm y el grado de obscuración fue entre 10-15%, con una intensidad del láser mayor a 74%. Se obtuvo el parámetro d (0.9) correspondiente al tamaño del 90% de las partículas en suspensión a 1 y 14 días post-producción (dpp).

El potencial zeta (ZP) se determinó por movilidad electroforética utilizando un analizador de nanopartículas *Horiba Scientific SZ-100* (Horiba Group USA). Las medidas fueron realizadas en agua destilada, a 25 °C, ajustando la conductividad a 50 mS/cm con una solución de cloruro de sodio al 0,9% w/v, en un rango de pH de 6,5-7 y con una intensidad de campo de 20 V/cm. Las formulaciones fueron analizadas por quintuplicado a 10 dpp.

### 2.5 Microscopías

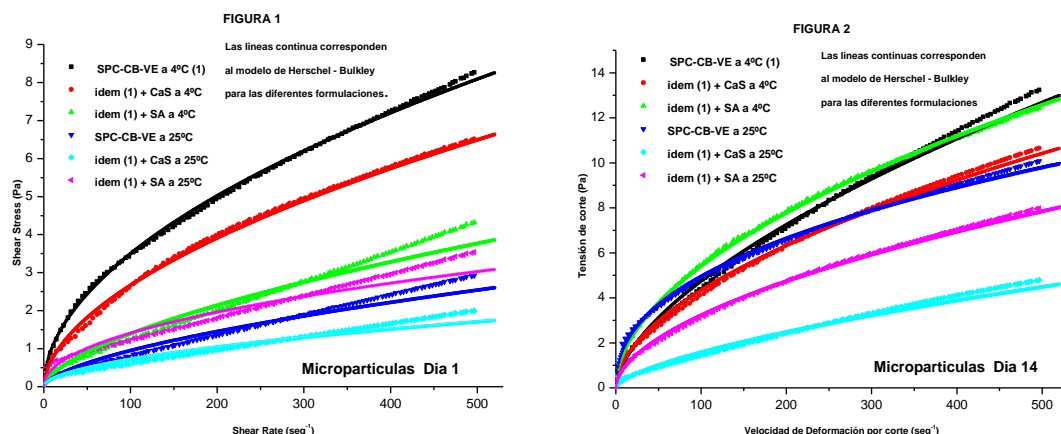
Con el objetivo de observar la morfología y confirmar la distribución de tamaño de partícula, las formulaciones fueron observadas en un microscopio óptico invertido CX22 Olympus (Japón) con software de captura. Las formulaciones fueron liofilizadas y analizadas por SEM, utilizando un microscopio electrónico SUPRA 40 (Centro de Microscopía Avanzada, Pabellón I, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, UBA, Buenos Aires, Argentina).

## 3. Resultados

### 3.1 Caracterización reológica

Las formulaciones de SPC-CB-VE, SPC-CB-VE-SA y SPC-CB-VE-CaS fueron ensayadas a 4° y 25 °C a diferentes velocidades de deformación por corte. La resistencia del flujo respecto de la velocidad de deformación por corte de cada una de las muestras (Figura 1 y Figura 2) se presentan a continuación:

La captura de datos fue realizada con Advantage Software de TA Instruments. Las diferentes medidas se realizaron por duplicado. La captura de datos fue realizada con Advantage Software de TA Instruments. Las diferentes medidas se realizaron por duplicado.



**FIGURA 1 y 2.** Curvas reológicas para las micropartículas formuladas a 4 °C y a 25 °C. para Día 1 y 14

Luego los datos se ajustaron por el modelo de Herschel-Bulkley según la siguiente ecuación:

$$\tau = \tau_0 + K.\gamma^n \quad (1)$$

donde  $\tau$  es la tensión de corte [Pa],  $\tau_0$  es la tensión umbral a vencer,  $\gamma$  la velocidad de deformación por corte [ $s^{-1}$ ],  $K$  el índice de consistencia [ $Pa.s^n$ ], y  $n$  el índice de flujo [adimensional]. Teniendo en cuenta el ajuste del modelo sobre los puntos experimentales surgen los parámetros reológicos que se detallan en Tabla 1.

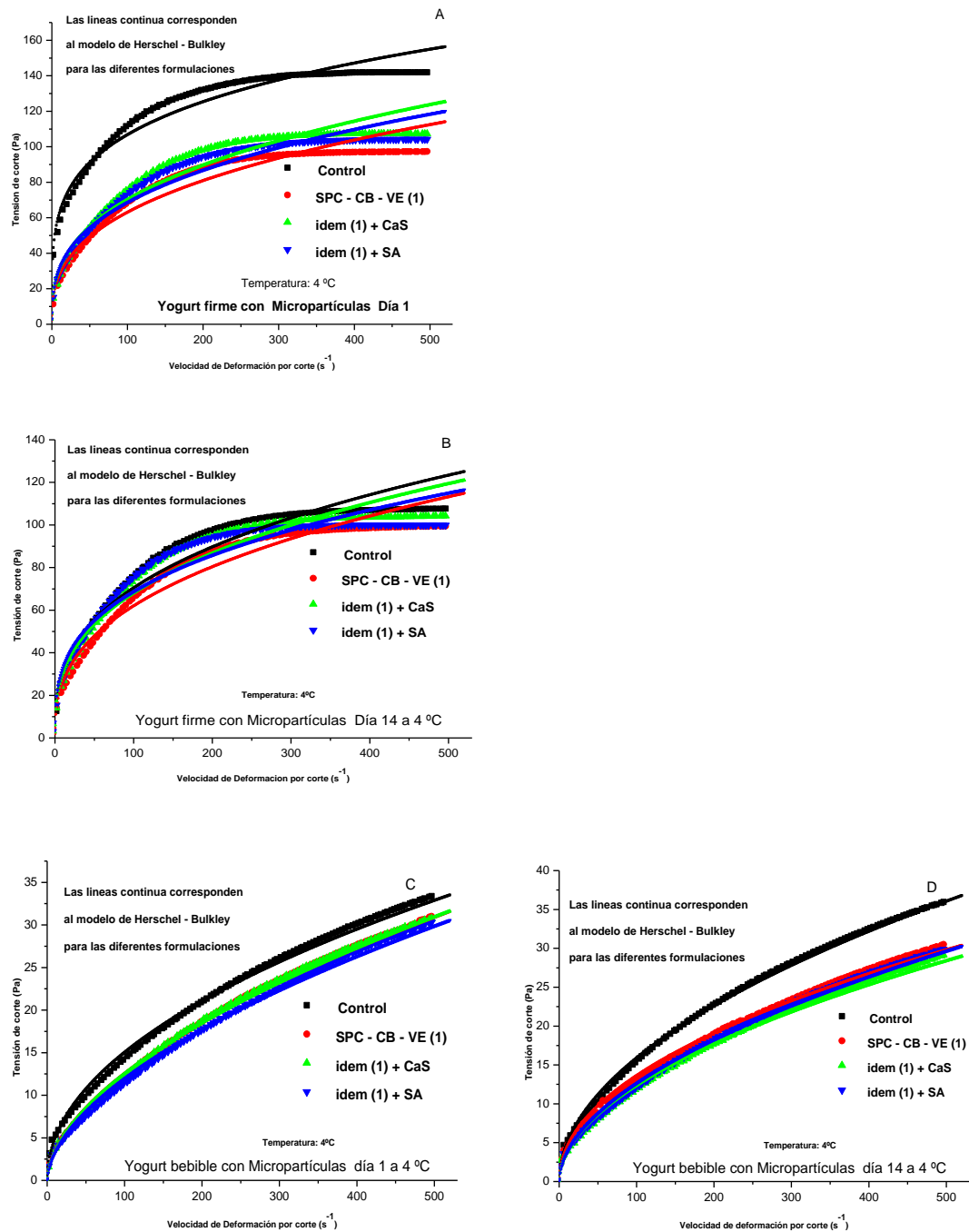
**TABLA 1.** Parámetros reológicos correspondientes a las Micropartículas formuladas a 4° C y a 25 °C.

Dpp	Temp. [°C]	MLS	n	K [Pa.s]	$\tau_0$
Día 1	4	SPC-CB-VE	0,5210	0,3174	0,65
		SPC-CB-VE-CaS	0,5520	0,2103	0,45
		SPC-CB-VE-SA	0,6160	0,0820	0,38
	25	SPC-CB-VE	0,6092	0,0577	0,24
		SPC-CB-VE-CaS	0,5372	0,0605	0,27
		SPC-CB-VE-SA	0,4747	0,1585	0,36
Día 14	4	SPC-CB-VE	0,6107	0,2849	1,04
		SPC-CB-VE-CaS	0,5449	0,3524	0,84
		SPC-CB-VE-SA	0,5235	0,4864	0,71
	25	SPC-CB-VE	0,4242	0,7027	0,26
		SPC-CB-VE-CaS	0,6445	0,0820	0,29
		SPC-CB-VE-SA	0,5494	0,2584	0,37

resultados de estabilidad reológica de las MLS a 4 °C y a 25 °C se seleccionó su aplicación a 4 °C para yogurts firme y bebible debido a su mayor estabilidad según Figura 3 A, B, C y D.

Al igual que las SLM solas cuando agregadas a yogurt tanto firme como bebible sus datos reológicos pueden ser ajustados de acuerdo a la ecuación de Herschel-Bulkley, tal como muestra la tabla 2

Las formulaciones estudiadas en todos los casos necesitan un umbral mínimo para fluir caracterizándose por la disminución de su viscosidad al aumentar la velocidad de difusión por corte.



**FIGURA 3.** Las figuras A y B corresponden al agregado a yogurt firme dpp día 1 y día 14. Las figuras C y D corresponden a yogurt bebible dpp día 1 y día 14.

Esta es una de las características de los fluidos de Bingham y en especial del modelo Herschel-Bulkley. K es denominada viscosidad plástica y tiene en cuenta la desviación de

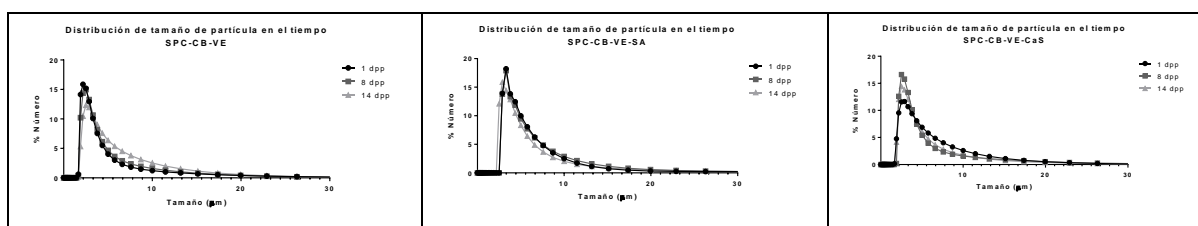
**TABLA 2.** Parámetros reologicos para modelo Herschel-Bukley de las distintas formulaciones con yogurt.

Dpp	Temp [°C]	MLS/yogurt	n	K	$\tau_0$	n	K	$\tau_0$
Dia 1	4	Control	0,2311	36,841	27,17	0,4862	1,603	3,18
		SPC-CB-VE	0,3592	12,060	8,68	0,5591	0,9571	1,81
		SPC-CB-VE-CaS	0,3507	13,990	7,13	0,5602	0,9531	1,11
		SPC-CB-VE-SA	0,3389	14,424	5,48	0,5691	0,8699	0,95
	25	Control	0,4881	3,352	4,20	0,5349	0,5169	1,13
		SPC-CB-VE	0,5333	2,491	3,35	0,5261	0,5125	1,26
		SPC-CB-VE-CaS	0,5841	1,155	2,53	0,5281	0,5113	1,31
		SPC-CB-VE-SA	0,5321	2,528	1,52	0,5287	0,5216	1,38
Dia 14	4	Control	0,3482	14,170	9,70	0,5091	1,5238	4,03
		SPC-CB-VE	0,3743	11,058	8,13	0,4863	1,4511	2,12
		SPC-CB-VE-CaS	0,3483	13,708	7,04	0,5151	1,1565	2,05
		SPC-CB-VE-SA	0,3201	15,744	5,50	0,5296	1,1035	1,23
	25	Control	0,4818	3,624	7,64	0,5039	0,6648	1,60
		SPC-CB-VE	0,5266	2,600	5,2	0,5193	0,5209	1,25
		SPC-CB-VE-CaS	0,5116	3,045	4,33	0,5319	0,4911	0,97
		SPC-CB-VE-SA	0,5107	3,144	3,44	0,5305	0,5136	0,87

la idealidad en los fluidos atribuyéndose a la naturaleza de la superficie de las partículas, tamaño y forma de la distribución, su peso molecular y el volumen de la fase dispersante.

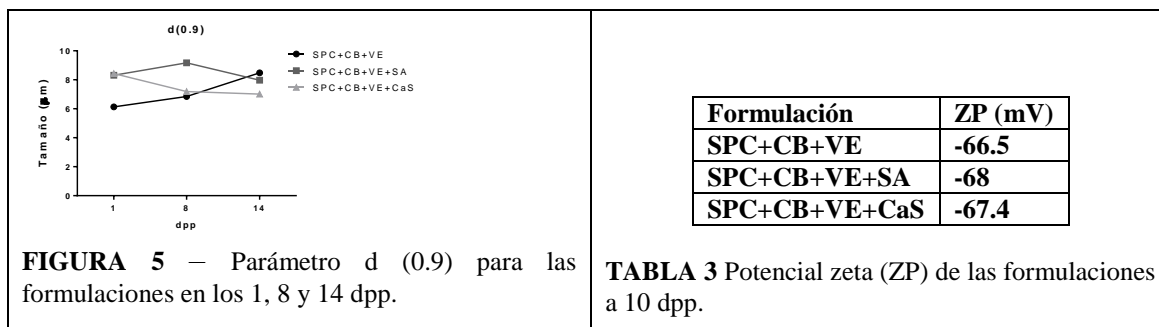
### 3.2 Caracterización físico-química

Se obtuvieron las suspensiones de SLM correspondientes a las formulaciones SPC-CB-VE, SPC-CB-VE-SA y SPC-CB-VE-CaS. Con el objeto de estudiar el tamaño y la estabilidad en el tiempo de las formulaciones seleccionadas, las distribuciones de tamaño de partículas y el parámetro  $d(0.9)$  fueron analizados a los 1, y 14 dpp. Los resultados se muestran en la Figura 4 A, B y C.



**FIGURA 4** – Distribución de tamaño de partículas en el tiempo para las formulaciones SPC-CB-VE (izquierda), SPC-CB-VE-SA (medio) y SPC-CB-VE-CaS (derecha) medidas como porcentaje de número en los 1, 8 y 14 dpp.

Se observó que los tres sistemas de SLM presentan tamaños representativos menores a 10  $\mu\text{m}$  y que sus poblaciones de partículas se mantienen estables en el tiempo. La formulación que presentó las mejores características fue SPC-CB-VE-CaS, dado que su  $d(0.9)$  disminuyó en el tiempo de análisis y no se observaron desestabilizaciones al analizar las distribuciones de tamaño de partícula como porcentaje de volumen y de superficie (datos no mostrados). En todos los casos se observaron indicios de la formación de agregados.



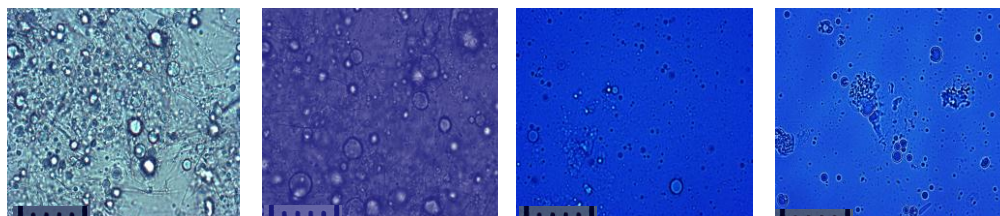
Se determinó el potencial zeta (PZ) a 10 dpp. Esta es una función de la carga superficial que se desarrolla cuando se coloca cualquier material en un líquido, y permite predecir la estabilidad de una dispersión. (Silva et al. 2012; Prieto et al. 2014). Los resultados se muestran en la Tabla 3. Cuando el PZ es elevado (25 mV o más, valor absoluto) las fuerzas repulsivas exceden las fuerzas atractivas (London), impidiendo la coalescencia y/o agregación (Bouyer et al. 2012). Todas las formulaciones evaluadas presentaron PZ menores a -60 mV, es decir, carga negativa. Esta carga es aportada por los grupos fosfato de los lípidos de la SPC (Zhao et al. 2008; Hung et al. 2007).

### 3.3 Microscopías

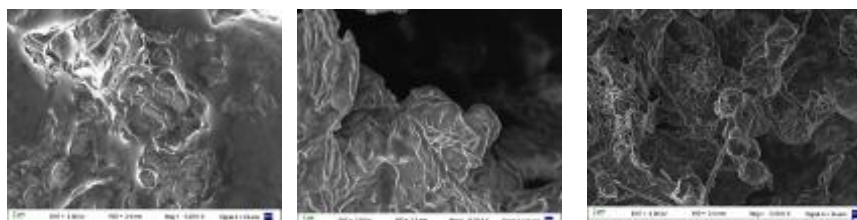
Microscopía óptica (MO) y Microscopia electrónica de barrido (SEM)

Las microscopías ópticas confirman la presencia de partículas con un tamaño dominante (d0.9) y la presencia de agregados (Fig. 5<sup>a</sup>). Se aprecia agregados mas pronunciados en las formulaciones con ácido esteárico. También se confirman estados de agregación en las SEM donde la liofilización pone de manifiesto fuerzas a cortas distancias (Fig. 5B).

(A)



(B)



**FIGURA 5:** (A) MO Mag. 40X de izquierda a derecha, escala corresponde a 10  $\mu$ m. SLM de SPC:CB:VE:CaS a 4°C; Idem a 25 °C; SLM de SPC:CB:VE:SA a 4 °C; Idem a 25 °C. (B) SEM de izquierda a derecha SPC:CB:VE, SPC:CB:VE:SA y SPC:CB:VE:CaS. Especificaciones según cada pie de SEM.

#### 4. Conclusiones

El método empleado permitió obtener micropartículas formadas por resolidificación de una mezcla de lípidos sólidos y lípidos fluidos. Si bien la metodología para este tipo de preparaciones sugiere un paso de homogeneización de alta presión (HPH) para obtener partículas en el rango nanométrico (Montanari et al., 2013), se suprimió este paso dado que el tamaño de las partículas incorporadas a un alimento no afecta su ingesta.

Las formulaciones presentaron buenos indicadores de estabilidad en el período estudiado, siendo SPC-CB-VE-CaS la formulación más estable desde el punto de vista de tamaño y de propiedades reológicas. La presencia de agregados es notoria en las microscopías, pero no es representativa de las suspensiones obtenidas, cuyo tamaño de partícula se halla mayormente por debajo de los 10  $\mu\text{m}$ , como se muestra en la distribución en número por *light scattering*.

Estas formulaciones podrían funcionar como un aditivo alimentario nutracéutico que facilite la ingesta de un antioxidante natural como la VE. Cuando todas las SLM se mezclaron con yogurt firme y con yogurt bebible, su índice de flujo correspondió a un comportamiento pseudoplástico del carácter del modelo de Herschel-Bulkley. Todos los componentes utilizados están indicados como aditivos de uso permitido en la industria alimenticia y se los considera GRAS.

#### 5. Bibliografía

- Alanazi, A. S. (2013). The role of nutraceuticals in the management of autism. *Saudi Pharmaceutical Journal* 21(3): 233-243.
- Bosisio, D; Fernández, V. Utilización de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en aderezos sin colesterol, con alto contenido proteico y reducido contenido lipídico. Tesis de grado. Biblioteca Central UNQ, Bernal, Argentina (2009).
- Bouyer, E.; Ghazlene M.; Rosilio, V.; Grossiord, J-L.; Agnely, F.(2012) Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field? *Int. J. Pharm.* 436(1–2), 359-378.
- Byung-Do, K.; Kun, N.; Hoo-Kyun, C. (2005). Preparation and characterization of solid lipid nanoparticles (SLN) made of cacao butter and curdlan. *European J. Pharm. Sciences* 24, 199-205.
- Dhonsi, D.; Stapley, A.G.F. (2006). The effect of shear rate, temperature, sugar and emulsifier on the tempering of cocoa butter. *J. Food Eng.* 77, 936–942.
- Fernandez, V.; Martinez, L.; Marsanasco, M.; Alonso, S. del V. (2012). Estudios biorreológicos de vectores de transporte de ácidos grasos esenciales y funcionales. *Pub.Reológicas: Actas 1º Cong. Arg. Biorreología, CAB y 5º J. Dr. R.J. Rasia de Fís. Aplicada a la Biomedicina. Fac. Fcia y Bioq. - UNR. Rosario, Santa Fe.* 155-168. ISBN 978-987-702-043-4.
- Hung, C.-F.F.; Chia-Lang; Liao, Mei-Hui; Fang, Jia-You. (2007). The effect of oil components on the physicochemical properties and drug delivery of emulsions: Tocol emulsion versus lipid emulsion. *Int. J. Pharm.* 335(1–2): 193-202.
- Marsanasco, M., A. L. Márquez, et al. (2011). Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment. *Food Research International* 44(9): 3039-3046.
- Montanari, J. and Alonso, S.del V. (2013). Topical delivery of polyphenols, anthocyanins and essential lipids in nanosystems. *Vlth Int. Conference on Polyphenols and Health.* Pag.52.
- Muller, R. H., et al (2002) *Adv Drug Deliv Rev*, 54 Suppl 1, S131-55



- Pan, Y., R. V. Tikekar, et al. (2013). Effect of antioxidant properties of lecithin emulsifier on oxidative stability of encapsulated bioactive compounds. *International Journal of Pharmaceutics* 450(1-2): 129-137.
- Piorkowski, D. T. and D. J. McClements (2014). Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. *Food Hydrocolloids* 42, 5-41.
- Prieto, M.J; del Rio Zavala, N.E.; Marotta, CH.; Carreño Gutierrez, H.; Arévalo, R.; Chiaramoni, N. S.; Alonso, S. del V. (2014). Optimization and in vivo toxicity evaluation of G4.5 PAMAM Dendrimer-Risperidone complexes. *Plos One* 1-10.
- Silva, A.C.; Kumar, A.; Wild, W.; Ferreira, D.; Santos, D.; Forbes, B. (2012). Long-term stability, biocompatibility and oral delivery potential of risperidone-loaded solid lipid nanoparticles. *Int. J. Pharm.* 436(1-2): p. 798-805.
- Zhao, D.G.; Tao, F., Y.; Nie, Y.; He, Li-Li; Liu, J.; Zhao, Z-R, Z.(2008). Lyophilized Cheliensis A submicron emulsion for intravenous injection: Characterization, in vitro and in vivo antitumor effect. *Int. J. Pharm.* 357(1-2): p. 139-147.

Agradecimientos: CONICET, CIC, FONCYT, FAN y UNQ por subsidios y RRHH.

# **34TCA - EVALUACION DE TRATAMIENTOS PARA INHIBIR EL DESARROLLO DE PARDEAMIENTO Y CONSERVAR LA CALIDAD SENSORIAL DE BERENJENAS IV GAMA.**

**GUTIERREZ, D. R.<sup>1</sup>; FARIAS, M.<sup>2</sup>; RODRÍGUEZ, S. DEL C.<sup>1,2</sup>**

**1- CITSE-CONICET-UNSE.Villa Zanjón. Santiago del Estero.**

**2- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero-Argentina. E mail: silviadepece@hotmail.com**

## **Resumen**

La conservación de vegetales mínimamente procesados es crítica debido a los daños físicos ocurridos en los tejidos durante el proceso. Estos daños aceleran el metabolismo provocando deterioro de características sensoriales deseables, pérdida de nutrientes, así como desarrollo de microorganismos, que llevan a un rápido decaimiento de la calidad y acortamiento de su vida útil. En el caso de berenjenas de IV Gama para lograr mantener su calidad es necesario principalmente reducir el pardeamiento del tejido y controlar la proliferación de microorganismos. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos antioxidantes para prevenir el pardeamiento enzimático y conservar la calidad sensorial de berenjenas IV Gama. Se trabajó con berenjenas (*Solanum melongena*, cv. black nite), las que fueron cortadas en láminas de 1 cm y luego se sometieron a la acción de los siguientes tratamientos: Agua a 30°C-3 min. (Control 1); Agua a 60 °C-1 min. (Control 2); a-: Solución de ácido ascórbico (AA) 1% (p/v) a 30 °C-3 min.; b-: AA y lactato de calcio (LC), ambos al 1% a 30 °C-3 min.; c-: Solución de AA y LC, al 1% (p/v) a 60 °C-1 min.; d-: AA y LC, al 1% y ácido cítrico al 0,5 % a 30 °C-3 min. y e-: AA y LC, al 1% y ácido cítrico al 0,5% a 60 °C-1 min. Las muestras se almacenaron a 5 °C por 13 días y se recubrieron con PVC, periódicamente se evaluó el color con colorímetro (L\*, a\* y b\*) y la calidad sensorial del producto (apariencia general, pardeamiento, deshidratación) con panel entrenado. Se observó que los tratamientos d- y e- tuvieron un efecto positivo al evitar el pardeamiento de las berenjenas, en correlación con los valores más altos del parámetro L\* de las muestras. No se observaron variaciones significativas en el atributo deshidratación para ninguno de los tratamientos aplicados. El uso combinado de agentes antipardeantes, sal cálcica y tratamiento térmico permitió alcanzar una vida útil sensorial de hasta 13 días a 5 °C.

## **1- Introducción**

La comercialización y consumo de vegetales mínimamente procesados ha aumentado significativamente en los últimos años. Los vegetales mínimamente procesados (VMP), también conocidos como productos de la IV gama, han cobrado gran relevancia a nivel mundial ya que los consumidores prefieren productos de alta calidad y listos para ser empleados o consumidos (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003).

Los VMP, frente a los productos frescos, presentan la desventaja de que su vida útil es menor debido al procesamiento que han sufrido. Su conservación es crítica debido a los daños físicos ocurridos en los tejidos vegetales durante el proceso. Estos daños aceleran el metabolismo provocando deterioro de características sensoriales deseables, pérdida de nutrientes, así como desarrollo de microorganismos, que llevan a un rápido decaimiento de la calidad y acortamiento de la vida de estante. Es así que los principales

problemas asociados a estos vegetales son el desarrollo de fuertes olores y podredumbres, modificaciones del color y ablandamiento los tejidos (Heimdal y col., 1995; López - Gálvez y col., 1997; Rodríguez y Questa, 2008.). Sin embargo, estos productos poseen un mayor valor agregado que, desde la perspectiva del productor y de la industria, los hace dignos de ser tenidos en cuenta.

Por otro lado, en la mayoría de los casos para prolongar la vida útil de los vegetales precortados es necesario el empleo de soluciones desinfectantes, antioxidantes, adición de agentes estabilizantes de color y textura, aplicación de antimicrobianos y el uso de recubrimientos comestibles, entre los principales (Arnnok y col. 2010).

El pardeamiento enzimático se puede controlar a través del uso de métodos físicos y químicos, y en la mayoría de los casos, se emplean ambos. Los métodos físicos incluyen la reducción de la temperatura y/o oxígeno, envasado en atmosferas modificadas o recubrimientos comestibles, entre otros. Los métodos químicos utilizan compuestos que inhiban la enzima responsable o eliminen sus sustratos (compuestos fenólicos). El uso de sustancias químicas que bajan el pH del producto, ha sido ampliamente aplicado para controlar el pardeamiento enzimático, tal como en manzanas, papas, peras, paltas, mangos. El acidulante comúnmente utilizado es el ácido cítrico. Este generalmente se usa en combinación con otros tipos de agentes antipardeamiento, ya que es muy difícil lograr una inhibición completa del oscurecimiento únicamente con el control del pH (Rojas-Grau y col. 2008; Oms-Oliua, 2010).

La berenjena (*Solanum melongena* L.) se desarrolla con éxito en climas subtropicales, tal como el existente en el norte de Argentina (Concellón y col., 2007). Su consumo se ha incrementado en los últimos años, a nivel mundial y también en Argentina. Cuando los frutos son pelados y cortados el principal problema que presenta es el rápido oscurecimiento de su pulpa (Rodríguez y Chaves, 2000 y 2001). Por lo tanto para poder lograr la conservación en fresco de berenjenas precortadas es necesario principalmente reducir el pardeamiento del tejido y controlar la proliferación de microorganismos (Barbagallo y col 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos (aplicación de soluciones antipardeantes y tratamientos térmicos suaves) para inhibir el desarrollo de pardeamiento enzimático y conservar la calidad sensorial de berenjenas mínimamente procesadas.

## **2-Materiales y Métodos**

### **Procesamiento:**

Se utilizaron frutos de berenjena de la variedad black nite cosechados en la provincia de Santiago del Estero. Los frutos se seleccionaron de acuerdo al peso de  $300\pm 20$ g. Se cortaron con cuchillas afiladas en láminas de 1 cm de espesor y se sumergieron en una solución de agua clorada (150 mg L<sup>-1</sup> 1 min) a pH 6,5 durante 3 min. Se dejaron escurrir durante 1 min y posteriormente se sumergieron en las siguientes soluciones:

- Control 1: Agua a 30 °C, 3 min. (T1)
- Control 2: Agua a 60 °C, 1 min. (T2)
- Solución de ácido ascórbico 1% (p/v) a 30 °C, 3 min (T3)
- Solución de ácido ascórbico y lactato de calcio, ambos al 1% (p/v) a 30 °C, 3 min. (T4)
- Solución de ácido ascórbico y lactato de calcio, ambos al 1% (p/v) a 60 °C, 1 min. (T5)
- Sol. de ác. ascórbico y lactato de calcio, al 1% (p/v) y ácido cítrico al 0,5 % (p/v) a 30 °C, 3 min. (T6)

- Sol. de ác. ascórbico y lactato de calcio, al 1% (p/v) y ác. cítrico al 0,5 % (p/v) a 60 °C, 1 min. (T7)

Luego de los tratamientos las rodajas se dejaron enfriar a 5 °C por 10 min y se envasaron en bandejas plásticas de PVC y se recubrieron con film de PVC. Finalmente se almacenaron a 5 °C por 13 días.

Evaluaciones:

-Análisis Sensorial

Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala lineal de 10 cm, con anclas en el valor 0 y 10 (0 muy malo y 10 excelente). Se consideraron los siguientes parámetros sensoriales: apariencia general, pardeamiento y deshidratación. Se estableció como límite de aceptabilidad para su comercialización el valor de 5 puntos (Torricella y col., 2007; Zamora Utset, 2007; Selma y col, 2012).

-Medición de color

El color superficial de las láminas fue determinado midiendo los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  con un colorímetro (Minolta CR 300) cubriendo un área de 5 mm<sup>2</sup>. El Hue o tono se calculó como  $\tan^{-1}(b/a)$ , cuando  $a > 0$  y  $b > 0$ , o como  $\tan^{-1}(b/a) + 360$ , cuando  $a < 0$  y  $b > 0$ . Asimismo, se calculó el grado de saturación del color o Croma a partir de los valores de los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  de acuerdo a la siguiente expresión:  $\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ .

Todas las evaluaciones se realizaron a los 0, 1, 3, 7, 9 y 13 días de almacenamiento.

-Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un diseño completamente aleatorizado con 7 tratamientos y 2 repeticiones. Cada repetición correspondió a un envase con  $300 \pm 20$ g de láminas de berenjena. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 5% en el programa estadístico MINITAB versión 15 (Addlink Software Científico, S.L.Barcelona, España).

### 3-Resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos al registrar la evolución del parámetro L en las rodajas de berenjenas a distintos tiempos de almacenamiento. En el día 0, inmediatamente luego de los tratamientos, se observaron valores de L superiores en aquellas láminas de berenjena tratadas con antipardeantes, sal cálcica y tratamientos térmicos comparadas con los tratamientos controles sin antipardeantes y sal cálcica tanto a 30 y 60 °C. Posteriormente desde el día 1 hasta el día 13, solo los tratamientos con 1% AA + 1% LC 30 °C por 3 min y 1% AA + 1% LC + 0,5%AC 30 °C por 3 min lograron mantener valores de L superiores. En el resto de los tratamientos se observó un descenso en este parámetro.

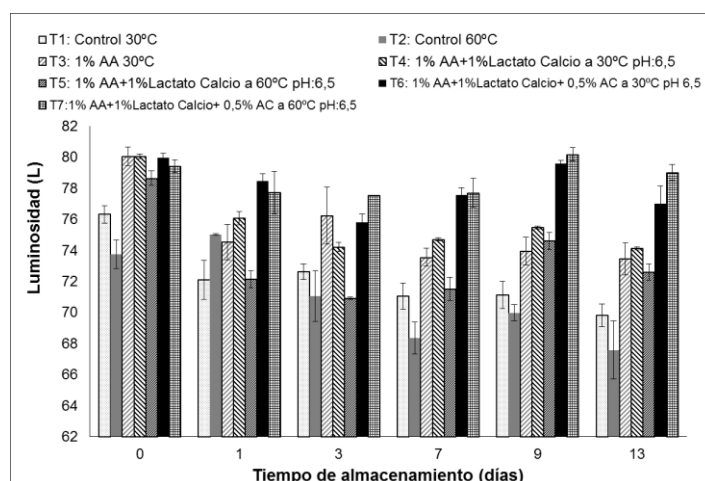


Figura 1. Evolución de la luminosidad en láminas de berenjena tratadas con agentes antipardeantes, sal cálcica y tratamientos térmicos suaves.

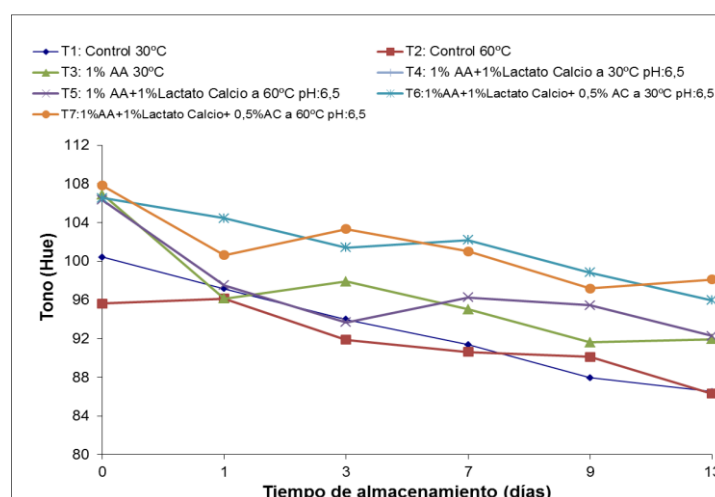


Figura 2. Evolución del tono en láminas de berenjena tratadas con agentes antipardeantes, sal cálcica y tratamientos térmicos suaves.

En lo referente a la evaluación sensorial, se observó que luego del primer día de almacenamiento las láminas control a 60 °C disminuyó su calidad visual, siendo los puntajes del descriptor apariencia general significativamente diferente al resto de los tratamientos (Figura 3). Posteriormente se observó que a lo largo del almacenamiento las muestras tratadas con ambos antipardeantes y la sal cálcica tanto a 30 como a 60°C (T6 y T7) fueron las que presentaron los mejores puntajes y por lo tanto mejor apariencia.

Al evaluar el pardeamiento (Figura 4) de las berenjenas se observó que en todas las muestras los valores de este descriptor tendieron a disminuir con excepción para las muestras sometidas a los tratamientos T6 y T7, que presentaron valores superiores y significativamente diferentes del resto a partir del séptimo día de conservación refrigerada.

No se observaron variaciones significativas del atributo deshidratación para ninguno de los tratamientos aplicados.

Estos datos coinciden con los datos obtenidos de “Luminosidad”, observando que los tratamientos con antipardeantes y sal cálcica a 30 °C y 60 °C obtuvieron un mayor valor en este parámetro, lo que se relaciona con el bajo nivel de pardeamiento observado por los jueces del panel.

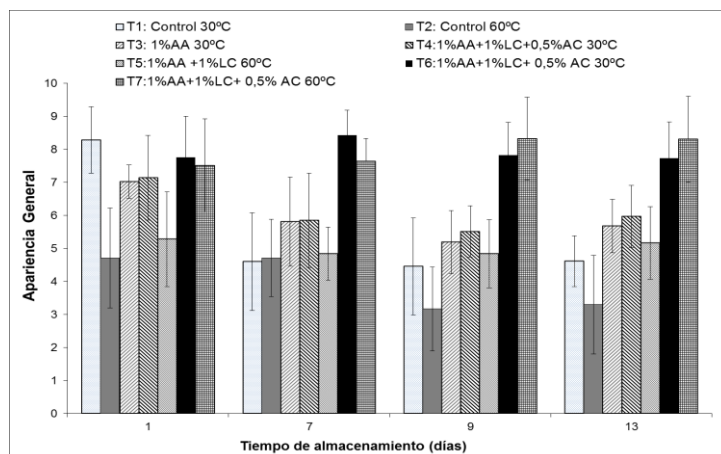


Figura 3. Apariencia de láminas de berenjena sometidas a tratamientos térmicos de 30 y 60 °C, y antipardeantes y una sal cálcica, evaluada por panel entrenado de jueces.

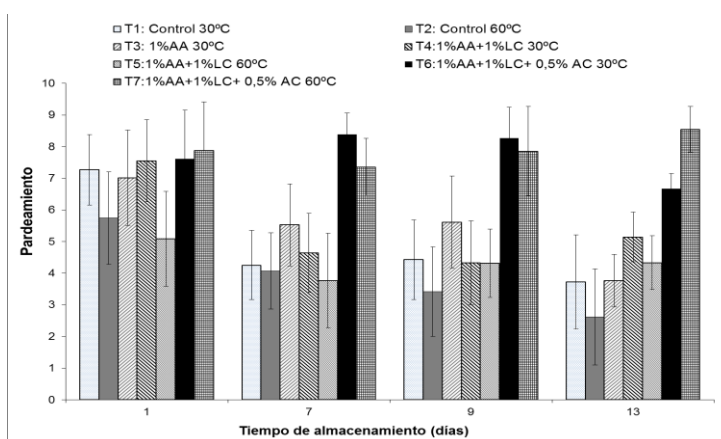


Figura 4. Pardeamiento de láminas de berenjena sometidas a tratamientos térmicos de 30 y 60 °C, y antipardeantes y una sal cálcica, evaluado por panel entrenado de jueces. 10: Sin pardeamiento;

#### 4-Conclusión

El uso combinado de agentes antipardeantes, sal cálcica y tratamiento térmico reduce el pardeamiento en las láminas y permite alcanzar una vida útil de 13 días a 5 °C. Por lo tanto

este tratamiento podría incorporarse en la preparación de berenjenas mínimamente procesadas.

#### 5-Bibliografía

- Arnnok, P; Ruangviriyachai, C., Mahachai, R; techawongstien, S.; Chanthai, S. 2010. Optimization and determination of polyphenol oxidase and peroxidase activities in hot pepper pericarb. *Int. Food Research J.* 17: 385-392.
- Barbagallo, R.; Chisari, M.; Caputa, G. 2012. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. *Postharvest Biology and Technology* 73.107-114
- Concellon, A.; Añón, M.C.; Chaves, A. R. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). *LWT* 40. 389–396

- Heimdal, H., Kuhn, B.F., Poll, L., Larsen, L.M., 1995. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. *J. Food Sci.* 60, 1265–1268.
- López-Gálvez, G., Peiser, G., Nie, X., Cantwell, M., 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Z. Lebensm Unters Forsch.* 205, 64–72.
- Oms-Oliua, G.; Rojas-Graua, M.A.; Alandes Gonzalez L., Varelac, P.; Soliva-Fortuny, R.; Hernando Hernandob, M. I.; Perez Munuerab, I.; Fiszman, S.; Martín-Belloso, O. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57. 139-148.
- Rojas-Grau, M., Soliva-Fortuny, R y Martín-Belloso O. 2008. Effect of natural antibrowning agents on colour and related enzymes in fresh-cut Fuji apples as an alternative to the use of ascorbic acid. *J. of Food Science.* 6. 267-272.
- Rodríguez, S. and Chaves, A. 2000. Effect of Modified atmosphere storage on the development of chilling injury of eggplant fruits. *Proceeding of Improving postharvest Technologies of Fruits, vegetables and Ornamentals.* Murcia. España.
- Rodríguez, S. López, B.; Chaves, A. 2001. Effect of different treatments on the evolution of Polyamines During refrigerated storage of eggplants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* . 49, 4700-4705.
- Rodríguez S del C y Questa A G. 2008. Aplicación del Análisis sensorial para evaluar calidad en frutas y hortalizas. *Inv. en Facultades de Ing. del NOA - IV Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Fac. de Ing. del NOA.* Tomo II. Pág. 29 - 34.
- Selma M V., M. C. Luna, A. Martínez-Sánchez, J. A. Tudela, D. Beltrán, C. Baixauli, M. I. Gil. Sensory quality, bioactive constituents and microbiological quality of green and red fresh-cut lettuces (*Lactuca sativa* L.) are influenced by soil and soilless agricultural production systems. *Postharvest Biology and Technology* 63, 16–24. 2012.
- Torricella Morales, R. G., E. Zamora Utset, H. Pulido Alvarez. (2007). *Sensorial evaluation Applied to the Investigation, development and control of the quality in the food industry.* Ed. Universitaria, La Habana, Cuba.
- Soliva-Fortuny, R. C.; Martín-Belloso, O. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 341–353.
- Zamora Utset E., *Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos Procesados*; Editorial Universitaria, La Habana, Cuba, 2007.

## **35TCA - ALTERNATIVAS DE ELABORACIÓN DE SALAMINES CON DIFERENTES MATERIAS PRIMAS DE LA REGIÓN NOA DE ARGENTINA.**

**BERMEJO, D.<sup>1</sup>; CALVO, G.<sup>1</sup>, RODRÍGUEZ, S.<sup>2</sup>.**

**1- Universidad de La Rioja. Sede Aimogasta. La Rioja.**

**2- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero-Argentina, E mail: silviadepece@hotmail.com**

### **Resumen.**

El desarrollo de alternativas tecnológicas para procesamiento de diferentes materias primas cárnicas constituye un aporte destinado a valorizar la producción agroganadera, con la utilización de especies características de la región comprendida entre la provincia de La Rioja y el Oeste de la Provincia de Catamarca. En este trabajo se diseña y desarrolla el proceso de elaboración de un chacinado tipo salamin formulado a base de materias cárnicas diferentes a las tradicionales y fortificado con proteínas de alto valor biológico de origen vegetal. Al mejorar el proceso de elaboración de este chacinado y su caracterización permitirá el surgimiento de un alimento altamente nutritivo, saludable y de valor agregado, dándole mayor importancia a la región donde se produce con el aporte de proteínas de alto valor nutritivo y esenciales a la dieta de las habitantes de la región.

### **1-Introducción**

El consumo de los productos alimenticios ha cambiado históricamente con la transformación de la sociedad, y en este sentido, la forma de alimentación ha sufrido significativos cambios relacionados con los procesos de industrialización, las modificaciones en las condiciones de trabajo, la incorporación de las mujeres al trabajo externo remunerado, la transformación en los sistemas de distribución y comercialización, los nuevos modelos alimentarios, entre otros (Jochen y col., 2010). A lo largo del tiempo estos productos han evolucionado gracias a la innovación tecnológica vinculada al empleo de insumos provenientes de la producción agropecuaria y el carácter social del consumo de alimentos, para dar respuesta a la necesidad de disponer de un alimento fortificado capaz de satisfacer las demandas, de nuevos productos, con requerimientos nutricionales, seguros e inocuos para la salud humana (Verbeke y col., 2010; Muguerza y col., 2002). Por lo tanto sería importante contribuir de forma decidida a la mejora y al equilibrio nutricional de la población y a la promoción de la salud, a través de la elaboración de chacinados embutidos secos fermentados formulados a partir materias primas cárnicas de diferentes orígenes, fortificadas con otros ingredientes no convencionales de alto valor nutritivo.

La distintas formulaciones propuestas para la elaboración de embutidos secos fermentados tipo salame si bien pueden ser similares a las recetas de los distintos chacinados tradicionales de distintas partes del mundo pueden diferenciarse unos de otros según la materia prima utilizada, aditivos y micronutrientes adicionados así como las operaciones y etapas involucradas en el proceso de elaboración (Nissinen y col., 2006; Polagruto y col., 2006). Estas modificaciones en la formulación del producto pueden a su vez influir en las características sensoriales y aceptabilidad del producto.



Por otra parte en Argentina se tiene el desafío de optimizar y tornar rentables los sistemas productivos regionales lo que ha dado origen a la extracción de carne caprina y la intención de utilizarla en distintos alimentos elaborados, a fin de aumentar su valor agregado (Nediani y col., 2013).

El desarrollo de alternativas tecnológicas para el procesamiento de materias primas cárnicas constituye un aporte destinado a valorizar la producción agroganadera, con la utilización de especies características de la región comprendida entre la provincia de La Rioja y el Oeste de la Provincia de Catamarca.

En este trabajo se desarrolla y optimiza el proceso de elaboración de salamines proponiendo formulaciones utilizando carnes diferentes a las tradicionales, tal como la de cabrito y fortificándolo con proteínas de alto valor biológico de origen vegetal. De esta forma, a través del desarrollo de este tipo de productos se podrá introducir nuevos productos cárnicos rediseñados en función de la utilización de materias primas de la región NOA de Argentina. De esta forma se favorecerá el desarrollo de una industria alternativa de la región y permitirá mejorar y abrir industria de pequeñas escalas de tipo familiar o Pymes de chacinados, como así también mejorar la producción agropecuaria de la zona, por la demanda de productos cárnicos de mejor calidad y sanidad, favoreciendo el desarrollo socioeconómico en la región.

## **2- Materiales y Métodos**

Se diseñaron tres formulaciones para la elaboración de un chacinado embutido seco fermentado tipo salamin.

En la Tabla 1 se muestran las materias primas utilizadas así como las cantidades añadidas de cada una de ellas en peso y en porcentaje. Todas las materias primas e ingredientes fueron obtenidas de productores locales de la región de Aimogasta de la provincia de La Rioja.

### **-Optimización del proceso**

Se realizaron diferentes pruebas para optimizar el proceso de elaboración y el diagrama de bloques definitivo se presenta en el punto 3 de Resultados y Discusión.

Se llevaron a cabo diferentes ensayos y el producto final se evaluó a través de las siguientes determinaciones (Ambrosiadisa y col., 2004; Ospina y col, 2010):

### **-Calculo nutricional teórico**

En base a tablas de composición de alimentos de Argentina (Tabla de Composición de alimentos-Argenfoods, actualizada) se determinaron los aportes teóricos de cada macro y micronutriente de las tres formulaciones estudiadas.

### **-Pruebas de aceptabilidad**

Se realizaron pruebas hedónicas de aceptabilidad con panel de jueces no entrenados. Para ello se les preguntó a 80 consumidores habituales de este tipo de producto si les agradaba el producto (Soriano y col. 2007; Olivares y col., 2010; Ospina y col., 2010). Los panelistas fueron de ambos sexos con edades entre 20 y 50 años. Las encuestas se realizaron en tres oportunidades diferentes para cada producto. La prueba se realizó en inmediaciones de la Universidad de La Rioja en la sede central y en la sede de Aimogasta-La Rioja.

**Tabla 1:** Ingredientes de las distintas formulaciones de los salamines elaborados.

Materias primas	Formulas					
	1		2		3	
	g/Kg	%	g/Kg	%	g/Kg	%
Carne vacuna	350	35	150	15	100	10
Carne de Cerdo	300	30	300	30	200	20
Carne de Cabrito	-	-	200	20	300	30
Grasa de cerdo (Tocino) / Aceite de Oliva (10:1).	300	30	300	30	300	30
Proteína de Quinoa	-	-	0	0	50	5
Cultivos Bioconservadores	1	0,1	1	0,1	1	0,1
Sal nitrificada	30	3,0	30	3,0	30	3,0
Pimienta blanca molida	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Nuez moscada	1	0,1	1	0,1	1	0,1
Pimentón dulce	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Ají picante	1	0,1	1	0,1	1	0,1
Pimienta negra entera	2	0,2	2	0,2	2	0,2
Ac. Ascórbico	1	0,1	1	0,1	1	0,1
Glucosa	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Ajo en polvo	2	0,2	2	0,2	2	0,2

### 3- Resultados y Discusión

Como se observa en la Tabla 1 la diferencia básica entre las distintas formulaciones es el reemplazo de carne vacuna por carne de cabrito en la formulación 2 y la reducción de carne de cerdo e incorporación de carne de cabrito y proteína de quinoa en la formulación 3.

El diagrama de proceso optimizado que se propone para la elaboración de este producto es el que se muestra en la Figura 1.

Las etapas de elaboración del chacinado y condiciones de proceso óptimas son las que se detallan a continuación:

#### Preparación de la carne

La finalidad de la etapa es preparar la carne para que se encuentre en condiciones adecuadas para su picado o reducción de tamaño. Para ello se la seleccionó y eliminaron los nervios y grasa en exceso, hematomas, etc. Posteriormente se la cortó en trozos aproximadamente 5 cm<sup>3</sup> y se las mantuvo refrigeradas hasta temperaturas para el picado (2 - 4 °C).

#### Preparación de a materia grasa

La materia grasa proveniente de animales vacunos y porcinos (grasa de depósito de la zona lumbar) se seleccionó y se eliminaron las partes indeseables o con coloraciones inadecuadas u olores no característicos. Se la cortó en trozos aproximadamente 5 cm<sup>3</sup> y se las mantuvo refrigeradas (2 - 4 °C) hasta el momento en que se realizó la etapa del picado.

**Picado:** El objetivo de este paso fue reducir el tamaño de las materias primas y comenzar el mezclado. Aquí, la carne y grasa refrigeradas se pasaron por la picadora en forma alternada para favorecer la homogenización. Esta operación se llevó a cabo en una picadora de uso industrial a escala piloto.

**Amasado:** Se realizó la mezcla de las materias primas con el resto de los ingredientes para lograr las condiciones necesarias para la liga adecuada del producto (a través de la

extracción de proteínas miofibrilares de la carne). De este modo, las materias primas (carne y grasa), picadas y refrigeradas, se mezclan con los otros ingredientes, condimentos y/o aditivos y se amasan brevemente. Esta operación se realizó en una amasadora industrial escala piloto.

**Embutido o relleno:** El pastón preparado en la etapa anterior y refrigerado se colocó dentro de la tripa artificial, para darle forma y sostén durante las posteriores etapas. Se realizó con un equipo embutido. En caso de que se utilice tripa natural es necesario previamente desalar con abundante agua y puede realizarse un lavado final en agua con vinagre o limón (o solución al 1% de ácido acético o cítrico respectivamente).

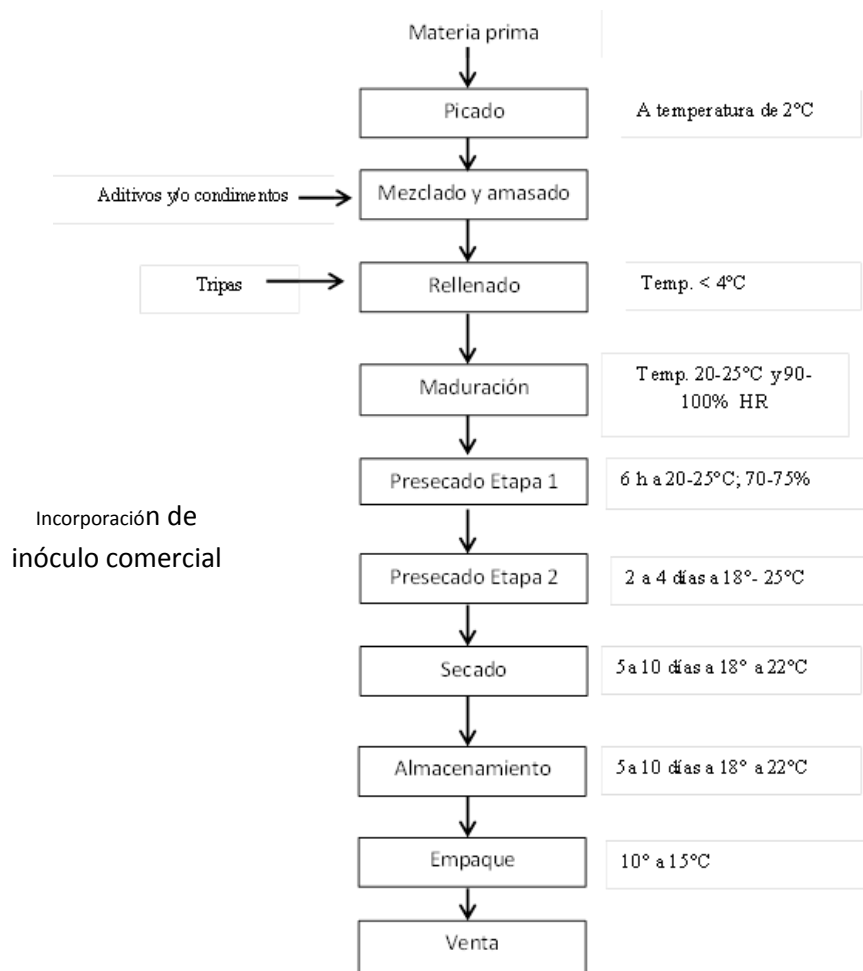
**Fermentado-secado:** En este paso se transforma el producto fresco en un producto con las condiciones de acidez y cantidad de agua disponible para que los microorganismos inoculados se desarrollen y modifiquen las características del producto que logren su conservación, al mismo tiempo que desarrollen el aroma, sabor y color de un producto curado. El embutido debe llevarse a una cámara de maduración con las condiciones de humedad (mayor a 90%) y temperatura (entre 22 y 25 °C) necesarias para el crecimiento de bacterias deseables para la fermentación, que se dará entre 36 y 48 h. Una vez transcurrido este tiempo y cuando el chacinado comienza a presentar cambio de color y olor se inicia la etapa de secado. El secado se realizó inicialmente a una temperatura aproximada de 16 °C y una humedad menor a 80%. Estas condiciones fueron modificándose, incrementando la humedad paulatinamente para que el salami no se reseque en forma excesiva superficialmente. La merma final del producto estuvo en aproximadamente un 25 % del peso original.

Cabe destacar que en todas las etapas del proceso se aplicaron las buenas prácticas de elaboración y los productos elaborados cumplieron con los límites fijados por CAA (2014) para calidad e inocuidad microbiológica.

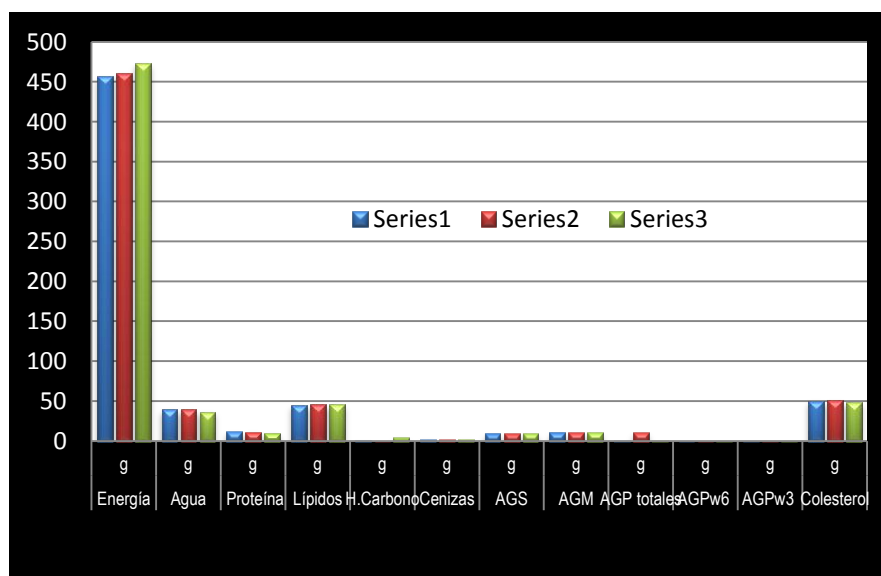
En las Figuras 2 y 3 se presentan los resultados de los cálculos teóricos de los macro y microcomponentes de las tres formulaciones estudiadas.

De la evaluación de los cálculos teóricos de los macro y micronutrientes se observa que no hay diferencias significativas entre las tres formulaciones. Sin embargo en la formulación 3 se está sustituyendo proteína de carne vacuna por otras de origen animal y vegetal como lo son la carne de cabrito y proteína proveniente de quínoa, aprovechando y utilizando productos de la región.

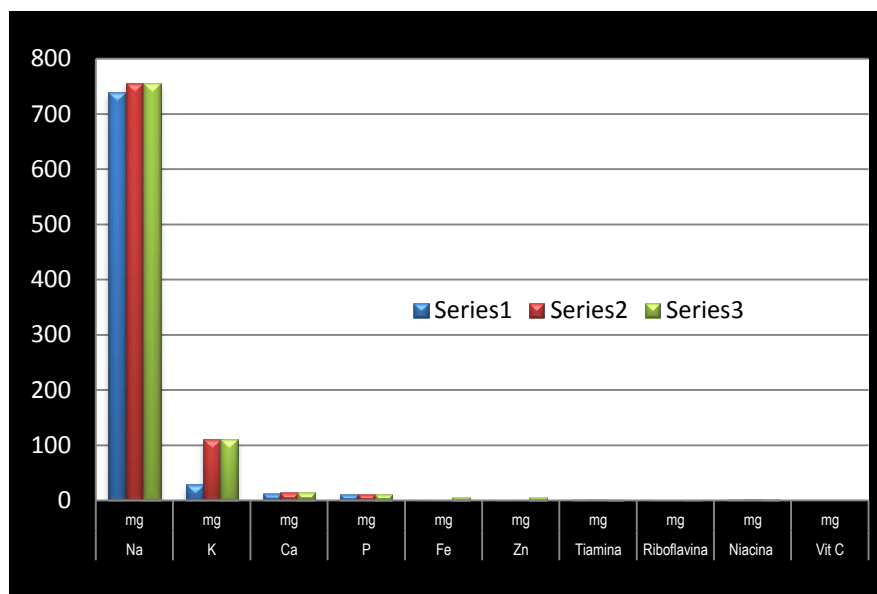
Al evaluar las pruebas de aceptabilidad global se determinó que la formulación 1 obtuvo un 82%, la formulación 2 un 76% y la formulación 3 un 80%, no encontrándose diferencias significativas entre las muestras, por lo que bien podrían utilizarse los ingredientes propuestos.



**Figura 1:** Diagrama de bloques propuesto para la elaboración de salamines con ingredientes de la Región del Noroeste de La Rioja-Argentina.



**Figura 2:** Comparación del contenido de macronutrientes obtenidos por cálculos teóricos de salamines formulados con ingredientes de la Región del Noroeste de La Rioja-Argentina. Serie 1: Formulación 1; Serie 2: Formulación 2; Serie 3: Formulación 3.



**Fig. 3:** Comparación del contenido de micronutrientes obtenido por cálculos teóricos de salamines formulados con ingredientes de la Región del Noroeste de La Rioja-Argentina. Serie 1: Formulación 1; Serie 2: Formulación 2; Serie 3: Formulación 3.

#### 4- Conclusiones

Es factible elaborar un chacinado tipo salamín con productos característicos de la región NOA de Argentina sustituyendo parte de la carne vacuna por carne de cabrito y proteína de quínoa, con buena aceptabilidad y adecuada calidad nutritiva.

#### Agradecimientos.

Este trabajo se llevó a cabo con los aportes de Proyecto PICTO-UNLAR 0213/2010.

#### 5- Bibliografía

- Ambrosiadisa, J. N. Soultosa, A. Abrahima, J.G. Bloukasb. 2004. Physicochemical, microbiological and sensory attributes for the characterization of Greek traditional sausages. Meat Science 66. 279–287.
- CAA: Código Alimentario Argentino Actualizado. 2014.  
[www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp)
- Muguerza, E. G. Fista, D. Ansorena, I. Astiasaran, J.G. Bloukas. 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. Meat Science 61 (2002) 397–404.

- Nediani, T. S. Martínez, L. García y S. López Alzogaray. 2013. Comportamiento físico-químico y microbiológico de salamines elaborados con carne de capons carinos de Santiago del Estero mediante el uso de un cultivo iniciador. Actas de IV Jornadas de Ciencia y Tecnología de AATA-NOA. Tomo 1. Pag 1-4.
- Nissinen, M. J., Gylling, H., & Miettinen, T. A. 2006. Effects of plant stanol esters supplied in a fat free milieu by pastilles on cholesterol metabolism in colectomized human subjects. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 16(6), 426–435.
- Olivares A., Navarro, J L.; Salvador, A.; Flores, M.. 2010. Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. *Meat Science* 86. 251–257.
- Ospina J. C., Cruz, A.; Pérez-Álvarez, J. A.; Fernández-López, J. 2010. Development of combinations of chemically modified vegetable oils as pork backfat substitutes in sausages formulation. *Meat Science* 84. 491–497.
- Polagruto, J. A., Wang-Polagruto, J. F., Braun, M. M., Lee, L., Kwik-Urbe, C., & Keen, C. L. 2006. Cocoa flavanol-enriched snack bars containing phytosterols effectively lower total and low-density lipoprotein cholesterol levels. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(11), 1804–1813.
- Soriano, A. García Ruiz , E. Gómez , R. Pardo , F.A. Galán, M.A. González Viñas . 2007. Lipolysis, proteolysis, physicochemical and sensory characteristics of different types of Spanish ostrich salchichon. *Meat Science*, 75. 661-668.
- Tabla de Composición de alimentos.  
<http://www.argenfoods.unlu.edu.ar/Tablas/Tabla.htm>
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J. A., de Barcellos, M. D., Krystallis, A., & Grunert, K. G. 2010. European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science*, 84, 284–292.
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen H. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science* 86. 196–213.

## 36TCA - MICROPARTÍCULAS CORE-SHELL DE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO Y CARBOXIMETIL CELULOSA DESTINADAS AL REEMPLAZO DE GRASA

ALFANO, E.<sup>4</sup>; MARTÍNEZ M.J.<sup>2</sup>; PÉREZ O.<sup>3</sup>; FARÍAS, M.E.<sup>1,2</sup>; PILOSOFF A.M.R.<sup>2</sup>;

1. Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Rutas 5 y 7, Luján (6700), Provincia de Buenos Aires, Argentina

2. Departamento de Industrias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Argentina

3. Departamento de Química Biológica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Argentina

4. Pasante Interno, Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.  
E-mail: [efarias@unlu.edu.ar](mailto:efarias@unlu.edu.ar)

### Resumen

El objetivo de este trabajo formar micropartículas *core-shell* reemplazando a la  $\beta$ -lg por proteínas de suero de queso (WPI). La formación de los agregados de proteína (*core*) se realizó calentando dispersiones de  $\beta$ -lg y WPI (1% p/p) a pH 7,0. Las partículas *core-shell* se obtuvieron mezclando cada suspensión con CMC (0,6% p/p) y ajustando finalmente a pH 4,0 para promover la adsorción del polisacárido sobre el contenido proteico. Las proteínas utilizadas ( $\beta$ -lg y WPI) fueron caracterizadas por electroforesis, microscopía óptica, dispersión dinámica de luz láser (DLS) y por reología dinámica. Las micropartículas *core-shell* se caracterizaron por dispersión estática de luz láser (SLS) y microscopía óptica.

A pH 7,0, los agregados de  $\beta$ -lg (0,5% p/p) presentaron un tamaño promedio de 70,7 nm y los de WPI de 368,8 nm. Las mezclas de  $\beta$ -lg y CMC a pH 4,0 presentaron valores de  $d[3,2]$  y  $d[4,3]$  de 0,197  $\mu$ m y 0,255  $\mu$ m, siendo el área superficial de 30,4 m<sup>2</sup>/g. Por otro lado, las mezclas de WPI y CMC a pH 4,0 presentaron valores de  $d[3,2]$  y  $d[4,3]$  de 0,319  $\mu$ m y 0,562  $\mu$ m, siendo el área superficial de 18,8 m<sup>2</sup>/g. La microscopía corroboró los datos obtenidos en las mediciones de SLS. Los resultados mostraron que si bien el tamaño de las micropartículas para los dos *core* proteicos fue diferente, las micropartículas presentaron tamaños mayores cuando se utiliza WPI por lo que serían útiles como reemplazantes de grasas.

### 1. Introducción

Las microestructuras *core-shell* son diseñadas a partir de biopolímeros de grado alimenticio, como proteínas y polisacáridos. Estas partículas pueden imitar las propiedades de gotas lipídicas en alimentos grasos gracias a su habilidad para dispersar la luz, aumentar la viscosidad y proporcionar sensación grasa en la boca.

La  $\beta$ -lactoglobulina,  $\beta$ -lg, de 162 aminoácidos, tiene una masa molecular de 18,3 kDa. Cuando se calientan soluciones acuosas de esta proteína a temperaturas mayores a 70°C se produce su desnaturalización. Las moléculas desdobladas se asocian a través de interacciones intermoleculares para formar agregados de moléculas desnaturalizadas irreversiblemente, que pueden llevar a precipitación, coagulación o gelificación, procesos en los que intervienen varias moléculas.

El aislado de suero de queso (WPI) contiene  $\beta$ -lg,  $\alpha$ -lactalbumina ( $\alpha$ -la) y seroalbúmina

bovina (BSA) en proporciones de aproximadamente 50, 20 y 7% (p/p) respectivamente. La  $\beta$ -lg es la proteína mayoritaria de las proteínas del suero de queso y tiende a gobernar sus propiedades funcionales (Mulvihill y Donovan, 1987).

La carboximetilcelulosa (CMC) es un polisacárido aniónico derivado de la celulosa, ampliamente utilizado como estabilizante en alimentos. Las cadenas de CMC son lineales con uniones  $\beta(1-4)$  de residuos de glicopiranosos.

En trabajos anteriores (Carpinetti et al., 2012; Carpinetti et al., 2014) se han formado micropartículas *core-shell* con  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -lg) y carboximetil celulosa (CMC) aplicando el principio de deposición electrostática constituyendo el núcleo o *core* con agregados de  $\beta$ -lg, formados térmicamente y promoviendo la formación de la corteza o *shell* de CMC alrededor de éstos, por medio de la disminución del pH. En los trabajos mencionados se analizaron las relaciones de proteína/polisacárido más adecuadas para lograr que el polisacárido recubra a los agregados de proteína, evitando la floculación, siendo esta igual o superior a 1,7.

## 2. Objetivo

El objetivo de este trabajo formar micropartículas *core-shell* aplicando el principio de deposición electrostática reemplazando a la  $\beta$ -lg por proteínas de suero de queso (WPI) y utilizando CMP como polisacárido aniónico.

## 3. Materiales y métodos

**3.1. Materiales:** La  $\beta$ -lg fue de DAVISCO Foods International, Inc. (Le Sueur, Minnesota, Estados Unidos). El aislado de proteína de suero lácteo (WPI) fue donado por la empresa ARLA, Argentina. La CMC fue donada por C-DIA S.R.L. (Argentina) con un grado de sustitución de 0,75 a 0,95, pureza mínima de 99,5%, humedad máxima de 10% y viscosidad de  $4000 \pm 400$  cps (viscosímetro Brookfield RVT, 1% 20 rpm, sp N° 3, a 25°C). Las dispersiones de los biopolímeros se prepararon con agua calidad Milli-Q y el pH fue ajustado con HCl o NaOH. Todo otro reactivo empleado fue de grado analítico.

Las dispersiones de  $\beta$ -lg y WPI 1,0% p/p, se prepararon a temperatura ambiente y se adicionó azida sódica ( $\text{NaN}_3$ ) al 0,02% p/p para evitar el desarrollo microbiano. Las dispersiones de CMC se prepararon al 0,6% (p/p). El pH fue ajustado a 7 para su caracterización.

**3.2. Caracterización de las proteínas por electroforesis:** Las proteínas del suero fueron analizadas por electroforesis SDS-PAGE usando una celda doble Mini-Protean II (Bio-Rad Laboratorios, Hercules, CA, USA) en condiciones disociantes (2% p/p de SDS) de acuerdo al procedimiento de Laemmli (1970). Las condiciones de la corrida fueron las siguientes: temperatura: ambiente, 200 V, 500 mA. La duración de este procedimiento fue aproximadamente 45 min. Los estándares de proteína de Bio-Rad fueron utilizados como marcadores: miosina 200 kDa;  $\beta$ -galactosidasa 116 kDa; fosfolipasa B 97,1 kDa; sero albúmina bovina 66 kDa; ovoalbúmina 45 kDa; anhidrasa carbónica 31 kDa; inhibidor de tripsina 21,5 kDa; lisozima 14,5 kDa y aprotinina 6,5 kDa.

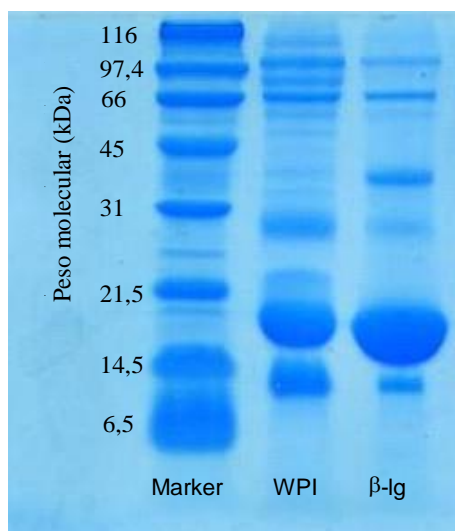
**3.3. Caracterización de las proteínas por reología dinámica:** La dinámica de gelificación de  $\beta$ -lg y WPI al 15% (p/p) se registró en un reómetro de esfuerzo de corte controlado Paar Physica (MCR 301) con sistema de platos paralelos a un gap de 1 mm (Graz, Austria). Se vertieron 460  $\mu$ l de cada dispersión a pH 7,0 en el plato del reómetro. La temperatura fue controlada por un sistema Peltier (Viscotherm VT2, Paar



Physica). Se aplicó en la superficie expuesta parafina para evitar la evaporación de las muestras. La frecuencia fue de 1 Hz y la deformación 0,01%, condiciones correspondientes a la región de viscoelasticidad lineal. Se registró la evolución de  $G'$ ,  $G''$  y la tangente del ángulo de pérdida,  $\tan \delta$ . Las muestras fueron calentadas desde 25 hasta 90 °C a una velocidad de 10 °C/min, manteniendo constante la temperatura de 90 °C por 3 min. Luego se enfrió el sistema a 25 °C a una velocidad de 5 °C/min y manteniéndose esta temperatura por 2 min.

**3.4. Formación de las micropartículas:** La formación de los agregados de proteína (*core*) se realizó calentando dispersiones de  $\beta$ -Ig y WPI (1% p/p) a pH 7,0 durante 15 min a 80°C siguiendo la metodología de Carpineti et al. (2014). Las partículas *core-shell* se obtuvieron mezclando (a pH 7) cada suspensión con la dispersión de CMC (0,6% p/p) y ajustando el pH 4 con HCl para promover la adsorción del polisacárido sobre el contenido proteico.

**3.4. Determinación del tamaño de partícula de los agregados de proteína (core) por DLS:** se usó un equipo de dispersión dinámica de luz, DLS, (Zetasizer Nano-Zs, Malvern Instruments, Worcestershire, Reino Unido) con laser He-Ne (633 nm) con un correlador digital ZEN3600 y un ángulo de dispersión fijo de 173°. El análisis de Cumulantes permitió obtener el diámetro promedio o Z-average. El análisis de CONTIN permitió obtener los percentiles de distribución de los tamaños de diferentes soluciones. Las suspensiones de los agregados de proteína no fueron filtradas antes de las determinaciones. Las determinaciones, realizadas a 25°C, se informan como el promedio y la desviación estándar de diez lecturas hechas sobre al menos dos soluciones independientemente preparadas.



**Figura 1** Perfiles electroforéticos (SDS-PAGE) de aislado de proteínas de suero, WPI;  $\beta$ -lactoglobulina,  $\beta$ -Ig.

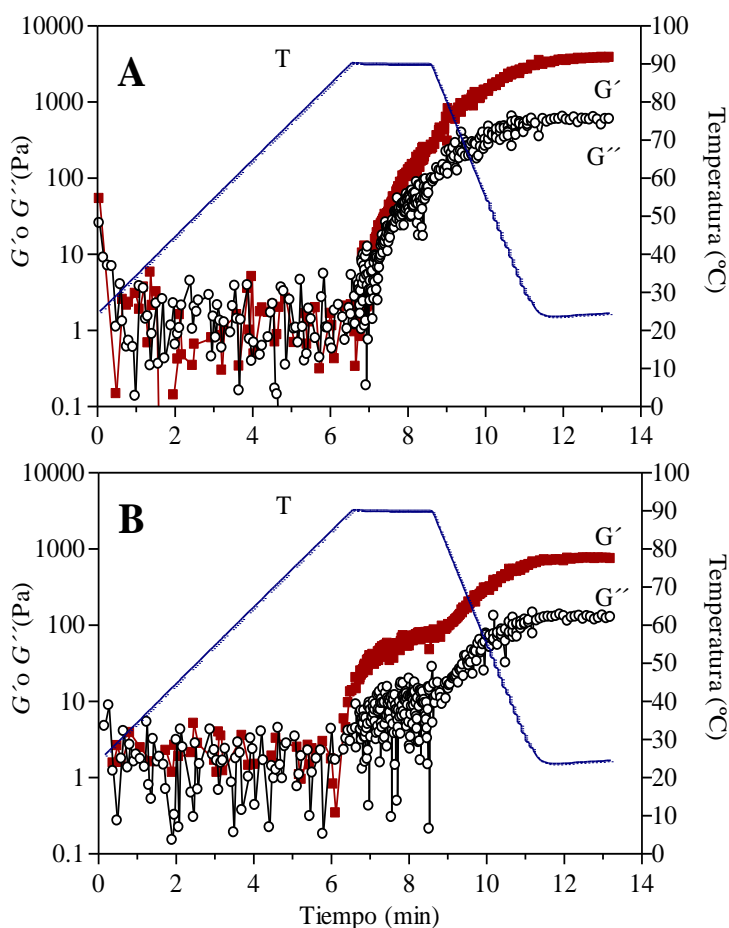
**3.4. Determinación del tamaño de las estructuras core-shell (rango > 1  $\mu$ m) por SLS:** Se empleó un equipo Mastersizer 2000 con una unidad de dispersión Hydro 2000MU, laser He- Ne (633 nm) (Malvern Instruments, Worcestershire, Reino Unido) de dispersión estática de luz, SLS. La velocidad de la hélice fue 1300 rpm; el índice de refracción de la fase dispersa 1,47 y su parámetro de absorción 0,001. Además de las distribuciones de tamaño en volumen y número que proporciona el software del equipo,

el tamaño de partícula se informó también como el diámetro promedio de volumen-superficie o diámetro de Sauter,  $d[3,2]$  y el diámetro promedio de volumen equivalente o diámetro De Broucker,  $d[4,3]$ .

**3.5. Microestructura:** Todas las muestras fueron observadas por medio de un microscopio óptico Carl Zeiss, modelo ICF KS22 (Alemania). Se utilizó una magnificación de 400X para la obtención de las imágenes y las muestras fueron teñidas con el Reactivo de Bradford ( 5 mg Azul de Coomassie G-250; 2,5 ml de etanol; 5 ml de ácido fosfórico y agua cantidad necesaria para completar 50 ml).

#### 4. Resultados y discusión

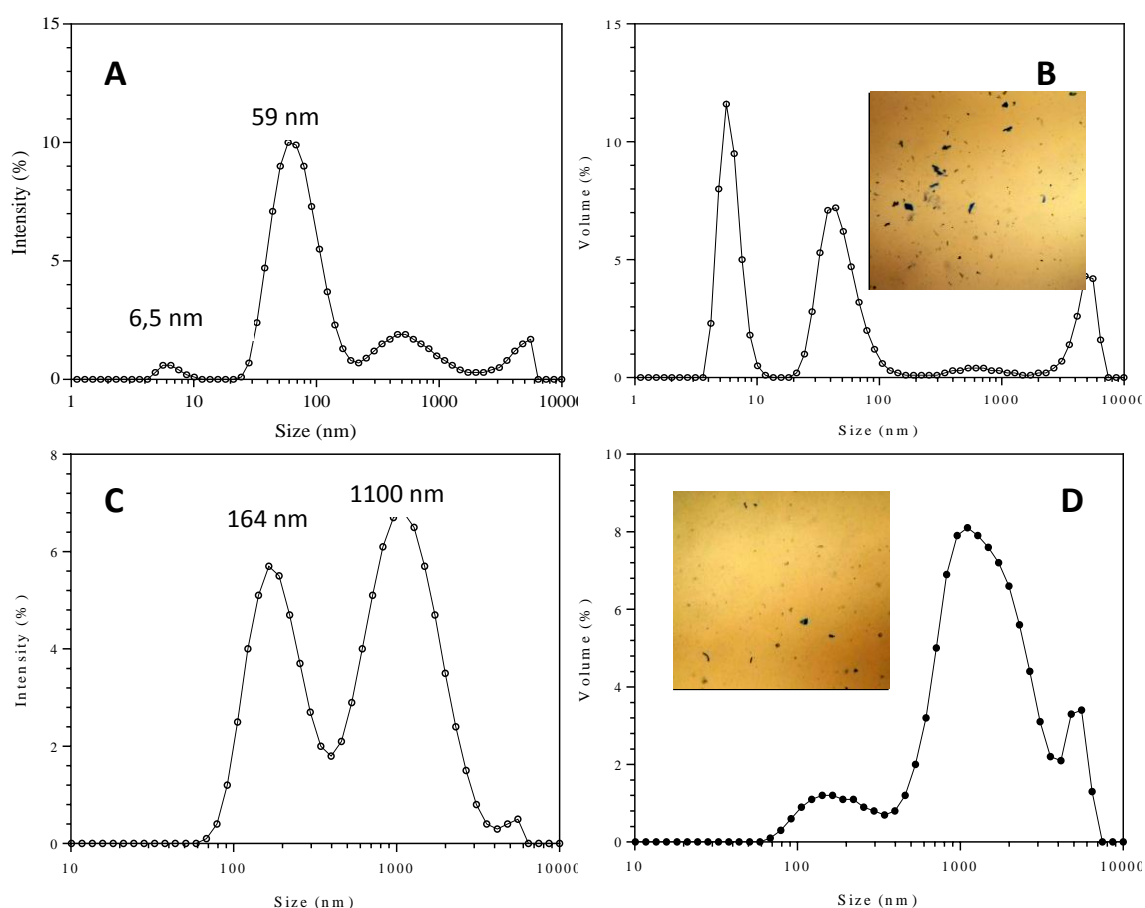
Los perfiles electroforéticos en SDS-PAGE, de las proteínas del lactosuero estudiadas,  $\beta$ -lg y WPI se muestran en la **Figura 1**. El perfil electroforético del WPI, en condiciones reductoras (2-Mercaptoetanol) presentó numerosas bandas, siendo las proteínas presentes en mayor proporción:  $\beta$ -lg (18,3 kDa) y  $\alpha$ -la (14,2 kDa). En la misma figura se pueden observar el perfil del aislado de  $\beta$ -lg. Estos resultados mostraron que el WPI contiene una interesante proporción de  $\beta$ -lg.



**Figura 2:** Evolución de  $G'$  (■) y  $G''$  (○) durante la gelificación por calentamiento de soluciones de  $\beta$ -la (A) y WPI (B) (15% p/p) a pH 7,0. Se presenta también el perfil de temperatura (—).

La  $\beta$ -lg es una de las proteínas más estudiadas con respecto a sus propiedades de gelificación que dependen del pH, concentración, fuerza iónica, la presencia de otras proteínas, entre otros factores (Martinez et al., 2010; Ould Eleya y Turgeon, 2000; Stading y Hermansson, 1990). A pH 7,0, la mínima concentración para que gelifique es

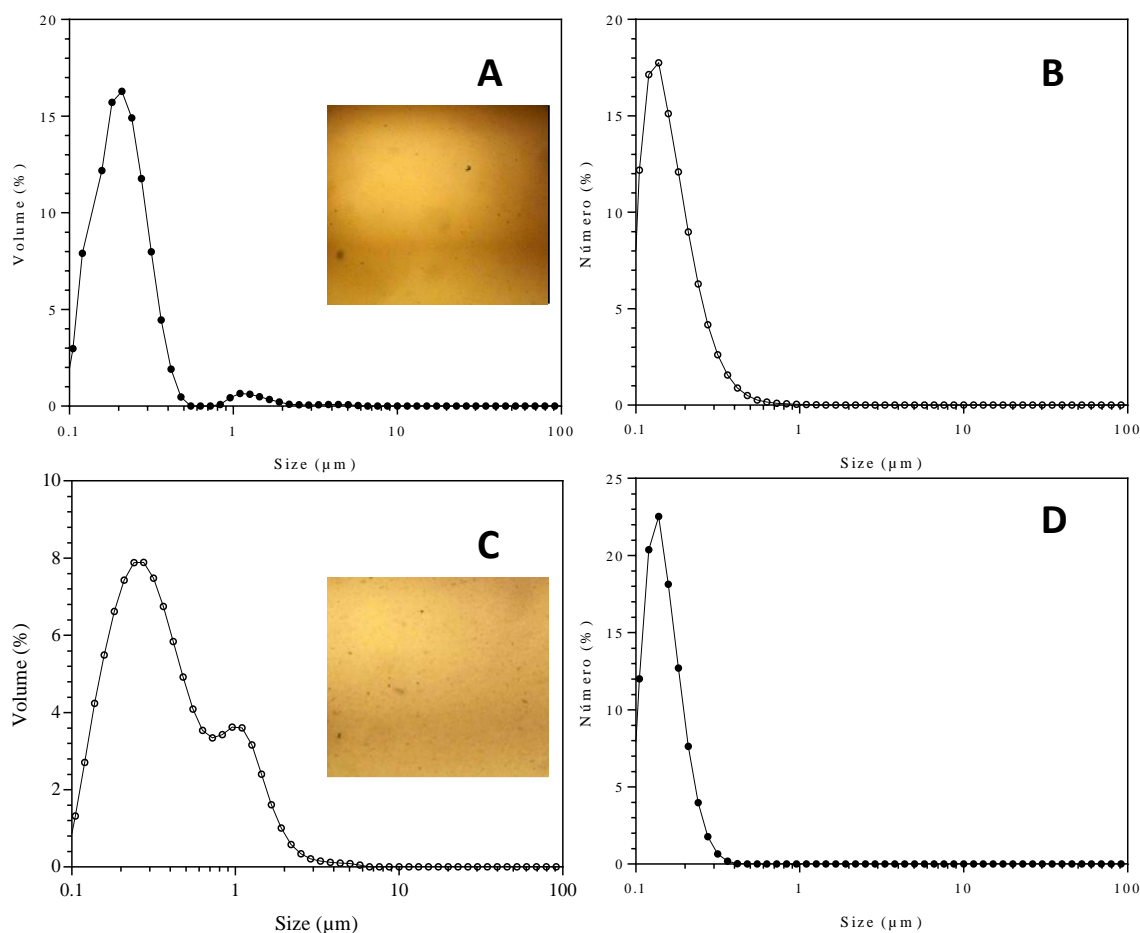
el 12% (p/p) (Martinez et al., 2010). La **Figura 2** muestra las evoluciones de  $G'$  y  $G''$  de las soluciones de  $\beta$ -lg y WPI a pH 7,0. Es posible observar que ambas soluciones gelificaron evidenciado por el cruce entre  $G'$  y  $G''$ . Un gran incremento en  $G'$  y  $G''$  ocurrió durante el período de calentamiento a 90 °C. Durante el período de enfriamiento se observó un nuevo incremento en ambos módulos debido a la reducción de la entropía por la consolidación de la estructura del gel, adjudicado a las fuerzas atractivas de las uniones puente hidrógeno (Martinez et al., 2010; Ould Eleya y Turgeon, 2000). El módulo de almacenamiento máximo durante el enfriamiento de las soluciones de WPI fue 740 Pa un valor mucho menor al de  $\beta$ -lg a la misma concentración, 4000 Pa. Sin embargo, el tiempo y temperatura de gelificación de ambas suspensiones fue similar (6,5-7 min, 90 °C). Este comportamiento podría atribuirse a las diversas fracciones proteicas que forman el WPI, donde predomina la  $\beta$ -lg, que fueron reconocidas por electroforesis. Estos resultados confirmaron el dominio de la  $\beta$ -lg entre las proteínas del WPI.



**Figura 3:** Distribución de tamaño de partícula por intensidad (A y C) y volumen (B y D) obtenidos por DLS de  $(\beta$ -lg)<sub>n</sub> 0,5% (p/p) (A y B) y (WPI)<sub>n</sub> 0,5% (p/p) (C y D) a pH 7,0. Las imágenes obtenidas por microscopía óptica de las dispersiones (magnificación 400 X) se encuentran insertas:  $\beta$ -lg (Figura 3 B) y WPI (Figura 3 D).

Los agregados de  $\beta$ -lg, denominados  $(\beta$ -lg)<sub>n</sub> y de WPI, (WPI)<sub>n</sub>, los cuales constituyeron el *core* de las micropartículas fueron generados bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo, 80 °C y 15 min (Carpineti et al., 2014). Los tamaños promedios obtenidos por DLS de los agregados de  $\beta$ -lg fueron 70,7 nm y 368,8 nm para los de WPI. Las distribuciones de tamaños por intensidad y volumen de los agregados de las

proteínas (0,5% p/p) se muestran en la **Figura 3**. La dispersión de  $(\beta\text{-lg})_n$  a pH 7, presentó una distribución de tamaño, expresadas en intensidad, multimodal (**Figura 3 A**). Sin embargo, solamente el primer y el segundo pico son importantes en magnitud con valores máximos de 6,5 nm y 59 nm, respectivamente, como muestran las distribuciones en volumen de la **Figura 3 B**. Por otro lado, la dispersión de  $(\text{WPI})_n$  a pH 7, presentó dos picos principales en la distribución de tamaños por intensidad con valores máximos de 164 y 1100 nm respectivamente (**Figura 3 C**), siendo el segundo pico el más importante en número (**Figura 3 D**). Estos resultados indican que los tamaños predominantes de los *core* proteicos fueron 59 nm para la  $(\beta\text{-lg})_n$  y 1,1  $\mu\text{m}$  para el  $(\text{WPI})_n$ .



**Figura 4:** Distribución de tamaño de partícula por volumen (A y C) y número (B y D) obtenidos por SLS de los sistemas mixtos formados por  $(\beta\text{-lg})_n$ /CMC (A y B) y  $(\text{WPI})_n$ /CMC (C y D). El pH fue ajustado a 4,0 para formar los complejos. Las imágenes obtenidas por microscopía óptica de las *core-shell* (magnificación 400 X) se encuentran insertas:  $(\beta\text{-lg})_n$ /CMC (Figura 4 A) y  $(\text{WPI})_n$ /CMC (Figura 3 C).

Se muestran insertas en la **Figura 3** las imágenes obtenidas por microscopía óptica de ambas suspensiones. El colorante Azul Coomassie, de alta afinidad con las proteínas, las tiñó en color azul. Dado que el límite máximo de resolución del microscopio óptico es 0,2  $\mu\text{m}$ , solo fue posible observar las partículas con tamaños cercanos a este tamaño. En ambas imágenes muestran un patrón distribuido uniformemente en un fondo homogéneo sin dominios visibles y segregados.

Las dispersiones de CMC al 0,3% (p/p) son altamente viscosas que dificultan su caracterización por DLS. Las dispersiones al 0,1% (p/p) de CMC a pH 7,0 presentan una distribución de tamaños por DLS con un pico principal alrededor de 200 nm

(Carpinetti et al., 2012). La mezcla de soluciones de  $(\beta\text{-lg})_n$  y CMC se realizó a pH 7,0, donde la probabilidad de interacción electrostática está disminuida por tener ambas especies carga neta negativa (Carpinetti et al., 2014). El pH óptimo para promover la unión de ambas especies y formar las estructuras core-shell se encuentra dentro del rango comprendido entre el pKa de la CMC (2,25) y el pI de la  $(\beta\text{-lg})_n$  (4,8–5,2), donde las cargas de estos biopolímeros son opuestas y se propician las interacciones electrostáticas. En este trabajo se seleccionó el pH 4,0. La asociación entre los agregados proteicos ( $\beta\text{-lg}$  y WPI) y la CMC generó partículas grandes cuya distribución de tamaños debe ser analizada en el rango micrónico, es decir por SLS. Los resultados expresados en volumen y en número se muestran en la **Figura 4**. La distribución de tamaños de las micropartículas de  $(\beta\text{-lg})_n$  0,5% (p/p) + CMC 0,3% (p/p) se puede observar en la **Figura 4 A**. Existen dos picos en el gráfico de volumen, el primero a 0,25  $\mu\text{m}$  aproximadamente y el segundo a 1  $\mu\text{m}$  aproximadamente. Sin embargo, en el gráfico de número, el cual indica la contribución de cada población a la distribución global (mostrado en la **Figura 4 B**) se observa sólo como pico dominante el primero de los picos, en el cual se encontrarían la mayoría de las partículas.

Por otro lado, las distribuciones de tamaños de partículas de la mezcla  $(\text{WPI})_n$  0,5% (p/p) + CMC 0,3% (p/p) mostraron dos picos solapados en la distribución por volumen de la **Figura 4 C**, de los cuales solamente el primero de ellos (0,30  $\mu\text{m}$ ) contribuye en número como puede verse en la **Figura 4 D**.

La **Figura 4** muestra insertas también las micrografías obtenidas para las estructuras *core-shell* estudiadas. La distribución homogénea de las partículas observadas en las micrografías mostraron que la cantidad de CMC fue suficiente para rodear eficientemente a las proteínas desnaturalizadas. Cabe aclarar que el colorante Azul Coomassie sólo tiñe a las proteínas; entonces, la técnica con este colorante corrobora que el aumento en el tamaño que se observa se debe a que las moléculas de polisacárido propician el bridging flocculation entre agregados de proteína debido a su carga opuesta y a que la concentración del mismo fue suficiente para cubrir completamente la superficie de la partícula (Carpinetti et al., 2014). Las mezclas de  $(\beta\text{-lg})_n$ /CMC presentaron valores de  $d[3,2]$  y  $d[4,3]$  de 0,197  $\mu\text{m}$  y 0,255  $\mu\text{m}$ , siendo el área superficial de 30,4  $\text{m}^2/\text{g}$ . Por otro lado, las mezclas de  $(\text{WPI})_n$ /CMC a pH 4,0 presentaron valores de  $d[3,2]$  y  $d[4,3]$  de 0,319  $\mu\text{m}$  y 0,562  $\mu\text{m}$ , siendo el área superficial de 18,8  $\text{m}^2/\text{g}$ . Las micropartículas  $(\text{WPI})_n$ /CMC pudieron observarse más claramente en el microscopio óptico por sus tamaños mayores (**Figura 4 C**).

## 5. Conclusiones

La metodología utilizada demostró ser adecuada para la construcción de micropartículas *core-shell*, generando un núcleo de  $\beta\text{-lg}$  agregada térmicamente (presente en forma de concentrado o mayoritariamente como en el caso del WPI) rodeada de CMC. Los resultados mostraron que si bien el tamaño de las micropartículas para los dos *core* proteicos fue diferente, las micropartículas presentaron tamaños mayores cuando se utiliza WPI por lo que serían útiles como reemplazantes de grasas.

## 6. Agradecimientos

Al Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional de Luján, proyecto “Diseño de nano-microestructuras para alimentos”, a la Universidad de Buenos Aires, al CONICET y a la ANPYCT de la República Argentina.

## 7. Bibliografía

- Carpineti, L., Martínez, M.J., Pilosof, A.M.R. y O.E., Pérez (2012). Micropartículas core-shell de  $\beta$ -lactoglobulina y carboximetilcelulosa. IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina.
- Carpineti, L., Martínez, M.J., Pilosof, A.M.R. y Pérez, O.E. (2014).  $\beta$ -Lactoglobulin-carboxymethylcellulose core-shell microparticles: construction, characterization and isolation. *Journal of Food Engineering* 131, 65-74.
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. *Nature* 227, 680-687.
- Martínez, M. J., Farías, M. E. y Pilosof, A. M. R. (2010). The dynamics of heat gelation of casein glycomacropeptide -  $\beta$ -lactoglobulin mixtures as affected by interactions in the aqueous phase. *International Dairy Journal* 20, 580-588.
- Mulvihill, D.M y Donovan, M. (1987). Whey proteins and their thermal denaturation. A review. *Irish Journal of Food Science and Technology* 11, 43-75.
- Ould Eleya, M. M. y Turgeon, S. L. (2000). Rheology of  $\kappa$ -carrageenan and  $\beta$ -lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocolloids* 14, 29-40.
- Stading, Mats y Hermansson, Anne-Marie (1990). Viscoelastic behaviour of  $\beta$ -lactoglobulin gel structures. *Food Hydrocolloids* 4, 121-135.

## 37TCA - EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SECADO DE GRANOS INDIVIDUALES DE CHÍA

PANZIRAGHI, N.A.<sup>3</sup>; SOLOGUBIK<sup>1,2,3</sup>, C.A.; GELY, C.<sup>2,3</sup>; PAGANO, A.M.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>CONICET

<sup>2</sup>Área Procesos – TECSE, Depto. Ingeniería Química. Fac. Ingeniería, UNICEN.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Argentina.

[apagano@fio.unicen.edu.ar](mailto:apagano@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

Se estudió el secado de granos de chía (*Salvia hispanica* L.) en capa delgada bajo diferentes condiciones, a fin de generar información nueva y útil para las operaciones de postcosecha del grano. Se trabajó con granos limpios acondicionados a tres niveles de humedad inicial (M0: 0.0989, 0.1198 y 0.1586 kg agua/kg sólido seco, b.s.) los cuales se secaron a tres temperaturas (T: 40, 55 y 70°C) durante distintos tiempos (t). Tanto t como M0 y T fueron significativos sobre la humedad adimensional. Los modelos de Page y Difusivo de Tiempos Cortos fueron aptos para describir la cinética de secado de chía, cuya difusividad efectiva de humedad estuvo entre  $1.276 \times 10^{-11}$  y  $4.3 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s.

### 1. Introducción

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta herbácea anual originaria de México y Guatemala cultivada en épocas de las culturas precolombinas, que produce una semilla pequeña rica en aceite (30-38%) compuesto principalmente por ácidos grasos insaturados  $\Omega$ -3 (destacándose el alfa-linolénico representando un 64%). El grano además tiene elevado contenido de proteínas (19-23%), fibra y antioxidantes (Romero-Manilla et al., 2006; Capitani et al., 2012; Bushway et al., 1981; Taga et al., 1984; Ixtaina et al., 2008; Ixtaina et al., 2011). En Argentina desde los años '90 se cultiva chía en las Provincias de Salta y Tucumán en busca de nuevas alternativas productivas, desarrollándose algunos proyectos orientados básicamente al manejo del cultivo. Sin embargo, no existen estudios referidos al manejo post-cosecha del grano.

La cinética de secado de los granos es de fundamental importancia para el diseño o optimización de las operaciones de acondicionamiento de los granos. Los modelos de secado de los granos individuales constituyen una herramienta esencial para establecer el tiempo requerido para llevar la humedad del grano hasta valores de seguridad.

En vista de esta situación, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la cinética de secado de los granos de chía en capa delgada a fin de establecer el efecto de las variables del proceso sobre la velocidad de secado y desarrollar un modelo temporal para la predicción del contenido de humedad del grano.

### 2. Materiales y métodos

#### Muestras

Se emplearon granos limpios y secos de chía de producción argentina obtenidos en el mercado local (Provincia de Buenos Aires, Argentina). La muestra original fue dividida en tres sub-muestras por medio de un cuarteador, y éstas se acondicionaron a humedades de 0.0989, 0.1198 y 0.1586 decimal b.s. (base seca), y se conservaron bajo refrigeración hasta su uso.

### Equipo piloto

En los ensayos se utilizó un equipo piloto diseñado para estudios de la cinética de secado en capa delgada en la Facultad de Ingeniería de la UNICEN. El equipo consta de un ventilador centrífugo que provee el caudal de aire de secado; resistencias calefactoras para calentar el aire; una tubería con una placa orificio calibrada y manómetro diferencial para medir la velocidad de flujo de aire a la entrada; una toma para la medición de temperatura del aire de secado; una cámara de secado con bandeja extraíble; una cañería de expulsión del aire; instrumentos para la medición de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa ambiente) y de la variación de peso de las muestras durante el ensayo (balanza digital, cronómetro).

### Diseño experimental

Se trabajó sobre un diseño experimental factorial considerando los factores temperatura del aire de secado ( $T$ : 40, 55 y 70°C) y contenido de humedad inicial del grano ( $M_0$ : 0.0989, 0.1198 y 0.1586 decimal base seca b.s.) por duplicado.

### Determinación de contenido de humedad

El contenido de humedad de los granos se evaluó según ASAE (1999) en estufa de aire forzado a  $130 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 4 h, por triplicado (Guiotto et al., 2013).

### Procedimiento experimental

Para cada contenido de humedad inicial del grano y temperatura de secado del diseño experimental, la cinética de pérdida de humedad de los granos de chíá se evaluó mediante la medición del cambio de peso de la muestra en balanza electrónica (precisión  $\pm 0.001$  g) a intervalos regulares preestablecidos hasta alcanzar un contenido de humedad final en base seca menor o igual a 0.07 kg agua/kg sólido seco (Ixtaina et al., 2008). Previo a los ensayos se aguardó la estabilización del equipo en cuanto a las características del aire de secado. Se utilizó una velocidad de flujo de aire de 0.25 m/s.

### Determinación del contenido de humedad de equilibrio

Dado que no se han encontrado datos publicados sobre el equilibrio sorcional del grano de chíá durante la desorción de humedad, en este trabajo el contenido de humedad de equilibrio del grano ( $M_e$ ) se estimó mediante los siguientes dos métodos:

- Por extrapolación a tiempos largos ( $t \rightarrow \infty$ ) de las curvas de experimentales del contenido de humedad  $M$  ajustadas por una función de tendencia, cuando ésta se hace asintótica a un valor constante ( $\pm 0.0001$  kg agua/kg sólido seco), para cada condición experimental de  $M_0$  y  $T$ .
- Experimentalmente, por secado en estufa hasta alcanzar peso constante para cada condición experimental de temperatura ( $T$ ) y humedad relativa (HR, equivalente a la actividad acuosa  $a_w$ ) del aire de secado (humedad de equilibrio dinámica).

### Modelado matemático

Los datos experimentales de razón de humedad en función del tiempo fueron ajustados mediante los modelos clásicos de la bibliografía de Lewis (Ec. 1) y Page (Ec. 2) (ASAE, 1999), y por el modelo Difusivo de Tiempos Cortos (Ec. 3) (Giner y Mascheroni, 2001):

Modelo de Lewis:

$$MR = \frac{(M - M_e)}{(M_0 - M_e)} = \exp(k_L t) \quad (1)$$



Modelo de Page: 
$$MR = \exp(k_p t^{n_p}) \quad (2)$$

Modelo Difusivo de Tiempos Cortos:

$$MR = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{3}{R} \right) \sqrt{D_{ef} t} + 0.331 \left( \frac{3}{R} \right)^2 D_{ef} t \quad (3)$$

donde:  $k_L$ : constante de Lewis ( $s^{-1}$ );  $k_p$ : constante de Page ( $s^{-1}$ );  $n_p$ : constante de Page;  $R = D_{eq}/2$ : radio equivalente del grano (m) con  $D_{eq}$ : diámetro equivalente del grano (m);  $t$ : tiempo (s);  $D_{ef}$ : coeficiente de difusividad efectiva de humedad en el grano ( $m^2/s$ ).

El diámetro equivalente del grano ( $D_{eq}$ ) se calculó para cada contenido de humedad inicial a partir de la siguiente correlación lineal determinada a partir de información reportada por Guiotto et al. (2013) en el rango de humedad 4.6 – 17.7% b.s.:

$$D_{eq} = 0.01181 M \quad (4)$$

### Análisis estadístico

A fin de evaluar la influencia de los parámetros del proceso temperatura del aire de secado ( $T$ ) y contenido de humedad inicial de los granos de chíá ( $M_0$ ), se utilizó un análisis de la varianza ( $\alpha=0.05$ ) mediante el software SYSTAT V12. Los datos experimentales de contenido de humedad adimensional ( $MR$ ) en función del tiempo ( $t$ ) fueron ajustados por modelos cinéticos de la bibliografía (Lewis, Page y Difusivo de Tiempos Cortos) (referencias) por medio de un análisis de regresión no lineal de mínimos cuadrados con el software SYSTAT V12.

### 3. Resultados y discusión

Para cada condición experimental del diseño se obtuvieron curvas de contenido de humedad ( $M$ , decimal b.s.) en función del tiempo de secado ( $t$ , min). Se observó que para cada contenido de humedad inicial, se requirió mayor tiempo para alcanzar una humedad final menor que el 8% b.s. (Miranda, 2012) cuando se empleó la temperatura más baja; asimismo, para una temperatura de secado dada, fue necesario mayor tiempo de secado cuando se partió de granos con mayor contenido de humedad, tal como se puede apreciar en la Figura 1. A partir de estas curvas experimentales se evaluó la velocidad de secado como la variación del contenido de humedad en cada incremento de tiempo ( $-\partial M/\partial t \cong -\Delta M/\Delta t$ ), pudiéndose comprobar que el proceso sucede durante el período de velocidad decreciente. Para mostrar este comportamiento, en la Figura 2 a modo ilustrativo se muestran las velocidades de secado obtenidas para granos de chíá con un contenido de humedad inicial de 0.0989 b.s. a las tres temperaturas ensayadas.

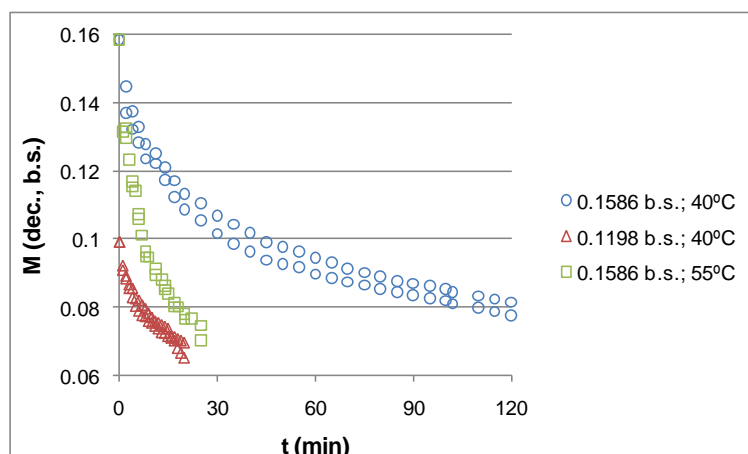


Figura 1: Curvas de secado de granos de chía para distintos contenidos de humedad inicial del grano y distintas temperaturas del aire de secado.

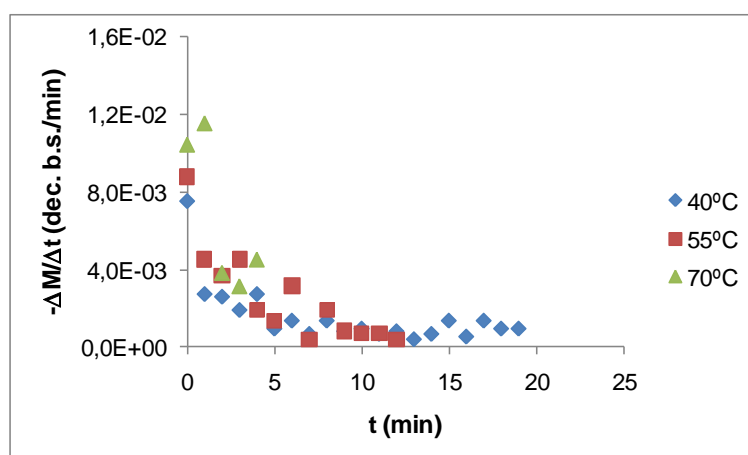


Figura 2. Velocidad de secado en función del tiempo para granos de chía con un contenido de humedad inicial  $M_0=0.0989$  b.s. secados a tres temperaturas.

Para analizar la influencia de los parámetros del proceso sobre la cinética de secado, se procedió a normalizar la variable humedad del grano mediante la relación adimensional  $MR=(M-M_e)/(M_0-M_e)$ , con el objeto poder comparar las curvas experimentales de secado independizándolas del contenido de humedad inicial. Previo a ello, se evaluó el contenido de humedad de equilibrio con las dos metodologías antes descritas, obteniéndose valores de  $M_e$  congruentes entre ambos métodos aplicados para cada condición experimental, siendo las diferencias entre las determinaciones no significativas ( $\alpha=0.05$ ). La Tabla 1 presenta comparativamente los valores de humedad de equilibrio obtenidos para algunas de las condiciones experimentales.

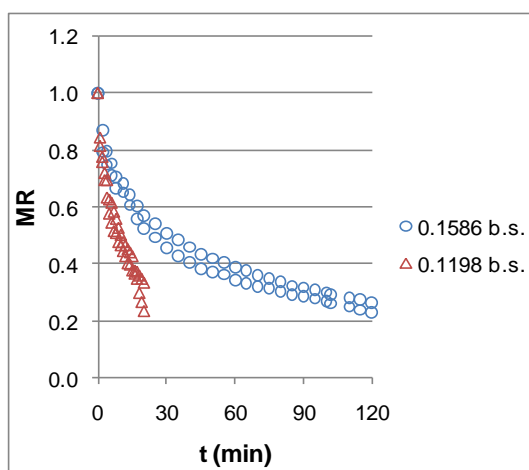
Tabla 1. Contenido de humedad de equilibrio de granos de chía determinados por distintos métodos a temperaturas en el rango 40-70°C.

Temperatura de secado T (°C)	Humedad del grano		Método de estimación de $M_e$
	$M_0$ (dec., b.s.)	$M_e$ (dec., b.s.)	
40	0.1586	0.0535	extrapolación
		0.0525	equilibrio dinámico
70	0.1198	0.0298	extrapolación
		0.0305	equilibrio dinámico

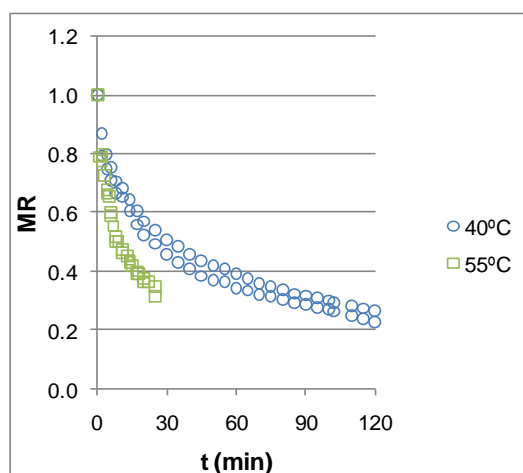
Cabe destacar que los resultados de  $M_e$  para la desorción de humedad del grano de chía fueron superiores a los correspondientes valores de humedad de equilibrio para la adsorción de agua en el grano, bajo idénticas condiciones predicha mediante el modelo de GAB generalizado ( $M_e=f(T)$ ) desarrollado por Moreira et al. (2012). Esto podría estar indicando la probable existencia de un comportamiento de histéresis en la sorción de humedad del sólido, fenómeno que aparece cuando no se elimina durante el secado la misma cantidad de agua que el material adsorbe durante la humectación.

En función de los resultados prácticamente coincidentes obtenidos por los dos métodos de estimación de  $M_e$  (Tabla 1), se evaluó el contenido de humedad adimensional  $MR=(M-M_e)/(M_0-M_e)$  a fin de normalizar las curvas de secado independizándolas del contenido de humedad inicial. La Figura 3a muestra comparativamente estas curvas normalizadas (por duplicado) para una temperatura de secado de 40°C partiendo de dos contenidos de humedad inicial diferentes (0.1586 y 0.1198 kg agua/kg sólido seco). Se observa que las curvas son diferentes, obteniéndose un mayor cambio en el contenido de humedad en un intervalo de tiempo cuando se parte de un contenido de humedad inicial más bajo. Similar comportamiento se obtuvo para las otras temperaturas de secado.

Por otro lado, la Figura 3b presenta la variación temporal de la humedad adimensional para granos con un contenido de humedad inicial de 0.1586 b.s. secados a dos temperaturas diferentes (40 y 55°C). Es posible notar que la razón de humedad descende más rápidamente en el tiempo cuando se emplea mayor temperatura.



a)



b)

Figura 3. Contenido de humedad adimensional (MR) en función de tiempo (t) para el secado de granos de chía bajo diferentes condiciones de humedad inicial y temperatura de secado.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la influencia de los parámetros tiempo de proceso, el contenido de humedad inicial del grano (M0) y temperatura del aire de secado (T) sobre la cinética de secado demostró que existe un efecto significativo ( $\alpha=0.05$ ) de todos los parámetros sobre la humedad adimensional (MR).

Sobre la base de estos resultados se evaluó la aplicabilidad de los modelos cinéticos de Lewis, Page y Difusivo de Tiempos Cortos, mediante ajuste de regresión no lineal de mínimos cuadrados de cada una de las curvas experimentales MR vs. t. Las Tablas 2-4 presentan los parámetros de los modelos junto con los estadísticos de ajuste.

Tabla 2. Parámetros de ajuste de las curvas de secado de granos de chía mediante el modelo de Lewis.

Modelo de Lewis				
M0 (dec., b.s.)	T (°C)	$k_L$ (s <sup>-1</sup> )	ASE( $k_L$ ) (s <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup> <sub>corregido</sub>
0.1586	40	$2.608 \times 10^{-4}$	$1.263 \times 10^{-5}$	0.668
	55	$1.053 \times 10^{-3}$	$5.674 \times 10^{-5}$	0.800
	70	$9.997 \times 10^{-4}$	$4.825 \times 10^{-5}$	0.749
0.1198	40	$1.014 \times 10^{-3}$	$2.404 \times 10^{-4}$	0.942
	55	$1.497 \times 10^{-3}$	$4.465 \times 10^{-5}$	0.953
	70	$1.666 \times 10^{-3}$	$3.068 \times 10^{-5}$	0.989
0.0989	40	$1.177 \times 10^{-3}$	$4.004 \times 10^{-5}$	0.866
	55	$1.222 \times 10^{-3}$	$5.570 \times 10^{-5}$	0.822
	70	$1.960 \times 10^{-3}$	$8.442 \times 10^{-5}$	0.949

ASE: error estándar del parámetro (unidades del parámetro); R<sup>2</sup><sub>corregido</sub>: coeficiente de correlación corregido.

Tabla 3. Parámetros de ajuste de las curvas de secado de granos de chía mediante el modelo de Page.

Modelo de Page						
M0 (dec., b.s.)	T (°C)	$k_p$ (s <sup>-1</sup> )	ASE( $k_p$ ) (s <sup>-1</sup> )	$n_p$	ASE( $n_p$ )	R <sup>2</sup> <sub>corregido</sub>
0.1586	40	$1.809 \times 10^{-2}$	$1.342 \times 10^{-3}$	0.490	0.009	0.988
	55	$1.945 \times 10^{-2}$	$2.200 \times 10^{-3}$	0.558	0.017	0.999
	70	$2.169 \times 10^{-2}$	$8.849 \times 10^{-4}$	0.534	0.006	0.998
0.1198	40	$5.987 \times 10^{-3}$	$6.052 \times 10^{-4}$	0.726	0.016	0.993
	55	$7.447 \times 10^{-3}$	$8.620 \times 10^{-4}$	0.727	0.020	0.995
	70	$3.371 \times 10^{-3}$	$5.300 \times 10^{-4}$	0.826	0.028	0.996
0.0989	40	$1.296 \times 10^{-2}$	$2.010 \times 10^{-3}$	0.632	0.024	0.976
	55	$1.471 \times 10^{-2}$	$3.871 \times 10^{-3}$	0.598	0.043	0.952
	70	$8.544 \times 10^{-3}$	$2.621 \times 10^{-3}$	0.725	0.057	0.983

ASE: error estándar del parámetro (unidades del parámetro); R<sup>2</sup><sub>corregido</sub>: coeficiente de correlación corregido.

Tabla 4. Parámetros de ajuste de las curvas de secado de granos de chíá mediante el modelo de Difusivo de Tiempos Cortos.

Modelo Difusivo de Tiempos Cortos				
M0 (dec., b.s.)	T (°C)	D <sub>ef</sub> (m <sup>2</sup> /s)	ASE(D <sub>ef</sub> ) (m <sup>2</sup> /s)	R <sup>2</sup> <sub>corregido</sub>
0.1586	40	1.276×10 <sup>-11</sup>	3.062×10 <sup>-13</sup>	0.957
	55	4.300×10 <sup>-11</sup>	9.291×10 <sup>-13</sup>	0.986
	70	3.989×10 <sup>-11</sup>	5.025×10 <sup>-13</sup>	0.993
0.1198	40	2.109×10 <sup>-11</sup>	6.029×10 <sup>-13</sup>	0.968
	55	2.636×10 <sup>-11</sup>	1.121×10 <sup>-12</sup>	0.973
	70	2.391×10 <sup>-11</sup>	1.876×10 <sup>-12</sup>	0.938
0.0989	40	1.921×10 <sup>-11</sup>	4.460×10 <sup>-13</sup>	0.974
	55	1.624×10 <sup>-11</sup>	6.660×10 <sup>-13</sup>	0.948
	70	1.939×10 <sup>-11</sup>	1.251×10 <sup>-12</sup>	0.963

ASE: error estándar del parámetro (unidades del parámetro); R<sup>2</sup><sub>corregido</sub>: coeficiente de correlación corregido.

Se observa que los modelos de Page y Difusivo de Tiempos Cortos son los que logran describir con mayor precisión los datos experimentales para todas las condiciones (R<sup>2</sup><sub>corregido</sub> > 0.952 y R<sup>2</sup><sub>corregido</sub> > 0.957, respectivamente).

El modelo de Lewis resultó tener una calidad de ajuste muy inferior a los anteriores, con coeficientes de correlación (R<sup>2</sup><sub>corregido</sub>) menores que los de modelos de Page y Difusivo. No obstante, este criterio estadístico muchas veces no resulta suficiente para calificar el grado de concordancia de un modelo con los datos observados, ya que compensa los errores por defecto y por exceso. Por esta razón es útil recurrir a otros criterios, tales como la desviación media relativa, el análisis de los residuos, ó la comparación entre los valores medidos y predichos, entre otros.

Bajo esta óptica se construyó la Figura 4 donde se ha representado la razón de humedad experimental en función de las correspondientes a las estimaciones de los tres modelos. Esta gráfica pone en evidencia que el modelo de Lewis no es adecuado ya que sobreestima la humedad adimensional al inicio del proceso de secado y al final del mismo tiende a subestimar MR. Mientras tanto, los modelos de Page y Difusivo de Tiempos cortos resultan más exactos, cayendo sus predicciones en una estrecha banda alrededor de una recta a 45° (..... en la Figura 4).

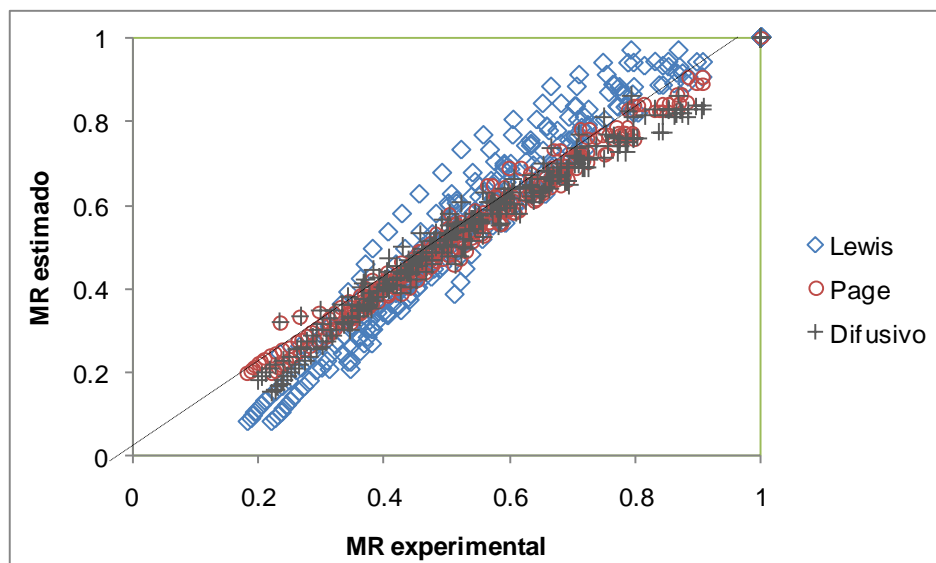


Figura 4. Contenido de humedad adimensional experimental y predicha por los modelos de Lewis, Page y Difusivo de Tiempos Cortos para el secado de granos de chíá.

El modelo Difusivo de Tiempos Cortos predijo coeficientes de difusividad efectiva de humedad en el grano de chíá durante el secado en el rango de  $1.276 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  (0.1586 b.s.; 40°C) a  $4.3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  (0.1586 b.s.; 55°C).

#### 4. Conclusiones

Se ha desarrollado un estudio experimental y modelado matemático del secado de granos individuales de chíá en el rango de temperaturas de 40 a 70°C para contenidos de humedad inicial del grano entre 0.0989 y 0.1586 b.s., encontrándose que el tiempo y la temperatura de secado, y la humedad inicial del grano son factores significativos sobre la razón de humedad adimensional. Los modelos de Page y Difusivo de Tiempos Cortos resultaron apropiados para describir la cinética de secado de los granos de chíá. La difusividad efectiva de humedad de los granos durante el secado estuvo en el rango  $1.276 \times 10^{-11} - 4.3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ .

#### 5. Bibliografía

- ASAE. (1999). ASAE Standards S352.2: Moisture measurement: Unground grain and seeds. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Bushway, A.A.; Belyea, P.R.; Bushway, R.J. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. *Journal of Food Science*, 46: 1349-1350.
- Capitani, M.I.; Spotorno, V.; Nolasco, S.M.; Tomás, M.C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*, 45: 94-102.
- Giner, S.A.; Mascheroni, R.H. (2001). PH—Postharvest Technology: Diffusive drying kinetics in wheat, Part I: Potential for a simplified analytical solution. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80(4): 351-364.
- Guiotto, E.; Ixtaina, V.; Tomás, M.; Nolasco, S.M. (2011). Influence of moisture content on physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Trans. ASABE*, 54(2): 527-533.

- Guiotto, E.; Ixtaina V.; Tomás, M.; Nolasco, S.M. (2013). Moisture-dependent engineering properties of chia (*Salvia hispanica* L. ) seeds. Chapter 17-Food Industry, InTech, <http://dx.doi.org/10.5772/53173>, pp. 381-397.
- Ixtaina, V.Y.; Nolasco, S.M.; Tomás, M.C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28: 286–293.
- Ixtaina, V.Y.; Martínez, M.L.; Spotorno, V.; Mateo, C.M.; Maestri, D.M.; Diehl, B.W.; Nolasco S.M.; Tomás, M.C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 166-174.
- Miranda, F. (2012). Guía técnica para el manejo del cultivo de chía (*Salvia hispánica*) en Nicaragua. Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación del Norte (CECOOPSEMEIN RL.), Nicaragua.
- Moreira, R.; Chenlo, F.; Prieto, D.M.; Torres, M.D. (2012). Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Bioprocess Technol.*, 5:1077–1082.
- Romero-Manilla, R.; Beltrán-Orozco, M.C.; Salgado Cruz, M.P. (2006). Evaluación de la calidad de la proteína de las semillas chía (*Salvia hispanica* L.). IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica y XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, Morelia, Michoacán, México, Abril 2006, 344.
- Taga, M.S.; Miller, E.E.; Pratt, D.E. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 61(5): 928e931.

## **38TCA - ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN PARA PIÑONES DE *Araucaria araucana* Y EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD**

**PIRONE B.<sup>(1)</sup>; DIEZ S.<sup>(1)</sup>; SCHAMME L.<sup>(1)</sup>; TITO N.<sup>(1)</sup>; INOSTROZA Y.<sup>(1)</sup>; DE MICHELIS A.<sup>(2)</sup>**

**<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional del Comahue, 25 de Mayo y Reconquista (8336) Villa Regina – Río Negro - FAX (0298-4463200), bpirone@hotmail.com**

**<sup>(2)</sup> INTA AER El Bolsón – CONICET, Mármol 1950 (8430) El Bolsón- Río Negro, FAX (02944 – 492422).**

### **RESUMEN**

Con motivo de aumentar la vida útil de los piñones de *Araucaria araucana*, se utilizaron diferentes formas de almacenamiento durante un período de 9 meses y se determinaron parámetros físico-químicos para evaluar como incidían los factores elegidos (condiciones del piñón, temperatura y envasado) sobre la calidad del producto almacenado. Las muestras se conservaron enteras y peladas, el envasado se realizó con y sin empaque al vacío, mediante un sistema Food Saver Oster V2240 utilizando bolsas de envasado térmico de polipropileno, formándose una atmósfera modificada; las temperaturas de trabajo utilizadas fueron de refrigeración (5,5°C) y temperatura ambiente (entre 23 y 25°C) y los resultados se compararon mediante un test de comparaciones múltiples según la prueba LSD. Los empaques con atmósfera modificada inhibieron el desarrollo microbiano, por lo que presentaron mayor tiempo de almacenamiento. Los piñones enteros envasados al vacío y almacenados a temperatura de refrigeración, fueron los que presentaron la menor pérdida de peso y conservaron sus características organolépticas.

### **1. Introducción**

La *Araucaria araucana* es una conífera endémica de una zona muy restringida del sur de Argentina y Chile. La semilla de este árbol, llamado piñón, es muy utilizada por los lugareños de esa región, quienes la incluyen en su gastronomía como un elemento autóctono para promocionar el turismo del lugar (Casani, 2012). El piñón es de forma oblonga y cuneiforme que tiene una cubierta externa muy resistente llamada “testa” y una membrana interna delgada llamada “endopleura”. Tiene bajo contenido de lípidos y proteínas, pero es una fuente importante de carbohidratos (Henríquez y col., 2008).

El piñón cumple un rol importante dentro de la economía familiar de los pueblos aborígenes (pehuenches), pues se usa como insumo principal de procesos alimenticios y económicos. Los piñones se consumen directamente como semillas (crudas, cocidas o secadas al sol), y se utilizan como insumo en la preparación de diversas recetas, en base a harina de piñón cruda o tostada, o como “chavid”, bebida de piñón fermentado. El almacenamiento y conservación de los piñones, por parte de los pehuenches, se puede llevar a cabo de diversas formas: la confección de collares de piñones crudos y pelados, los que se secan, ahúman y cuelgan para su ventilación; la construcción de un hoyo, que se llena con agua limpia, y donde son vaciados los piñones para conservarlos de una temporada a otra; y la excavación de un hoyo donde se depositan piedras calientes y sobre éstas los piñones (Taha y col., 2010).



Una de las formas de conservación más utilizada es en saco de 38 a 40 kg, sin tratamientos de conservación adecuados, por lo que todos los formatos de venta están expuestos a la desecación natural. Esto trae, como consecuencia, la pérdida de calidad culinaria por incremento de la dureza, problemas de descomposición y un aumento significativo de microorganismos, particularmente hongos con el riesgo que implica (Conforti, 2009).

## **2. Objetivo**

El objetivo de este trabajo fue plantear nuevas alternativas de conservación y estudiar la incidencia de los factores elegidos (condiciones del piñón, temperatura y envasado) sobre la calidad del producto almacenado

## **3. Metodología**

### *Materia Prima*

Se trabajó con semillas de piñones de *Araucaria Araucana*, enteras y peladas, provenientes de la localidad de Villa Pehuenia, provincia de Neuquén, Patagonia Argentina.

### *Almacenamiento de las muestras*

Las muestras fueron almacenadas por 9 meses en ocho condiciones diferentes; los piñones se conservaron enteros y pelados, el envasado se realizó con y sin empaque al vacío, mediante un sistema Food Saver Oster V2240 utilizando bolsas de envasado térmico de polipropileno, formándose una atmósfera modificada; las temperaturas de trabajo utilizadas fueron de refrigeración (5,5°C) y temperatura ambiente (entre 23 y 25°C).

### *Evaluación de parámetros físico-químicos*

*Propiedades químicas:* se determinaron parámetros de calidad (humedad, pH, acidez titulable, azúcares reductores) en la materia prima inicial y después del almacenamiento, de acuerdo con las técnicas de AOAC (1990).

*Propiedades físicas:* se realizaron las medidas geométricas del piñón utilizando un calibre vernier de doble escala. Se determinó la pérdida de peso y el encogimiento volumétrico de las muestras almacenada en las diferentes condiciones, utilizando una balanza analítica marca Ohaus Analytical Standard AS200 La aw se midió a 25° C con un equipo Testo 650 Modelo 0563 6501 con sonda de humedad adecuada para medición de aw, calibrado con soluciones salinas saturadas (11,3%HR y 75,3%HR).

### *Análisis estadístico*

*Se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA) y un test de comparaciones múltiples para analizar las diferencias entre los distintos tratamientos, usando el software Statgraphics® Plus 5.1.*

## **4. Resultados**

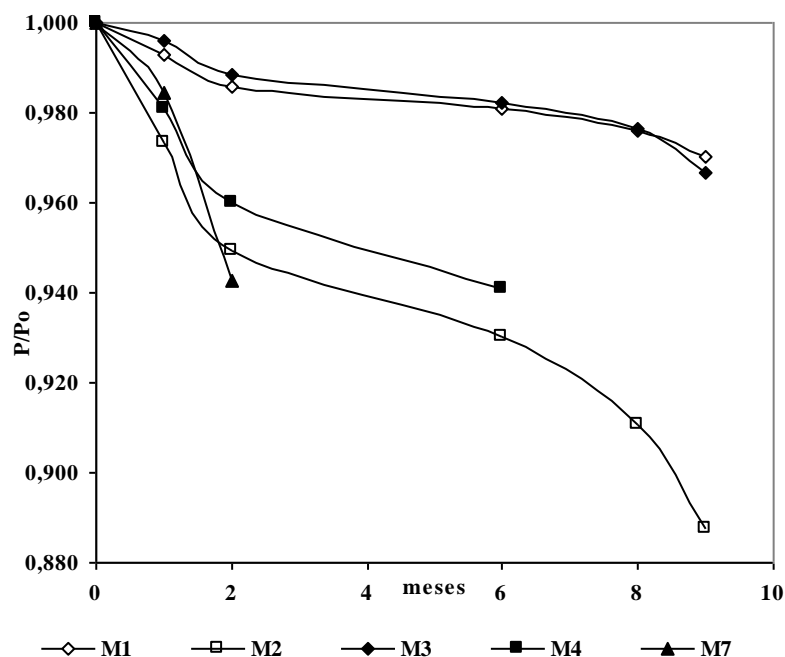
### *Almacenamiento de los piñones de *Araucaria araucana*:*

Los piñones de *Araucaria araucana* frescos (10 unidades) fueron almacenados en las siguientes condiciones: 1- con atmósfera modificada por vacío: a) pelados, a temperatura de refrigeración (M1) y a temperatura ambiente (M2); b) enteros, a temperatura de refrigeración (M3) y a temperatura ambiente (M4). 2- sin atmósfera modificada: a) pelados, a temperatura de refrigeración (M5) y a temperatura ambiente (M6); b) enteros, a temperatura de refrigeración (M7) y a temperatura ambiente (M8).

Las muestras almacenadas en las formas explicadas, se pesaron en sus envases, a lo largo del período de almacenamiento, para evaluar la deshidratación de las semillas y se realizó una

observación microscópicamente de las muestras envasadas, para evidenciar posibles contaminaciones microbianas, comunes en este material rico en carbohidratos.

En la Fig. 1 se graficó la evolución de los pesos relativos ( $P/P_0$ ) de los piñones conservados en las diferentes condiciones, a lo largo de los meses de almacenamiento. Como se puede observar, tres de las curvas no pudieron ser graficadas debido a que, ya en el primer mes de conservación, presentaron contaminación por hongos y fueron desechadas. La muestra M7, se descartó recién a los dos meses de conservación por la misma razón y, en el caso de la muestra M4, se descartó a los seis meses por presentar acumulación de gases en el envase.



**Fig. 1. Evolución de los pesos relativos ( $P/P_0$ ) de los piñones almacenados de diferentes formas**

(M1: pelado, temperatura de refrigeración, atmósfera modificada; M2: pelado, temperatura ambiente, atmósfera modificada; M3: entero, temperatura de refrigeración, atmósfera modificada; M4: entero, temperatura ambiente, atmósfera modificada; M7: entero, temperatura de refrigeración, sin atmósfera modificada)

Los empaques con atmósfera modificada inhibieron el desarrollo microbiano, por lo que presentaron mayor tiempo de almacenamiento. Los piñones pelados (M1) y enteros (M2), envasados al vacío y almacenados a temperatura de refrigeración, fueron los que presentaron la menor pérdida de peso (2,2%). En cambio, los piñones pelados (M2), envasados al vacío y almacenados en la temperatura ambiente presentaron una disminución mayor (8,8%). Posiblemente se deba a que la cáscara del piñón entero funcione como una cámara de aire que disminuye la pérdida de agua, sumado a esto, la atmósfera modificada y la temperatura de refrigeración disminuyeron las tasa respiratoria de las semillas (estas muestras no presentaron acumulación de gases en el envase).

*Evaluación de las propiedades físicas y químicas de los piñones conservados en diferentes condiciones:*

Para evaluar la influencia del método de almacenamiento en las propiedades físicas y químicas del piñón se determinaron los parámetros en cada una de las semillas almacenadas al final del tiempo estipulado (9 meses). En la Tabla 1 se muestran las características físicas de los piñones antes y después del almacenamiento. Se puede observar que los parámetros medidos en la muestra M3 no presentan diferencias significativas con las medidas geométricas del piñón inicial (Piñón), incluso en el volumen. Tanto M1 como M2 presentaron valores menores en todos los parámetros medidos, el peso disminuyó un 18,6% para M1 y un 26% para M2, en cuanto al volumen, la reducción fue de 24,5 para M1 y 21% para M2.

**Tabla 1. Características físicas del piñón antes y después del almacenamiento**

<b>Muestra</b>	<b>Peso</b>	<b>Diámetro mayor</b>	<b>Diámetro menor</b>	<b>Largo</b>	<b>Volumen</b>
Piñón	3,76±0,19a	1,36±0,05 a	1,03±0,03 a	3,65±0,12 a	2,81±0,18 a
M1	3,06±0,17b	1,15±0,05 b	0,88±0,03 b	3,33±0,11 a	2,11±0,28 b
M2	2,77±0,17b	1,12±0,05 b	0,88±0,03 b	3,42±0,11 a	2,22±0,28 b
M3	3,83±0,19a	1,36±0,05 a	1,06±0,04 a	4,73±0,12 b	3,17±0,28 a

\*Las medias y desvío estándar con letra minúscula diferente son las que presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la Tabla 2 se comparan las propiedades químicas de las semillas almacenadas con el piñón inicial (Piñón). Se observa disminución del contenido de agua en la semillas peladas que, en el caso de la semilla conservada a temperatura ambiente M2, fue (17%), dicha diferencia no afectó el aw de la muestra (0,930 para el piñón inicial y 0,947 para M2).

En el caso de los parámetros químicos analizados, tanto M1 como M2 presentaron una disminución significativa del pH (34%), lo que se correlacionó con el aumento de la acidez titulable. También disminuyeron los azúcares reductores solubles en ambas muestras (76%). Probablemente se trate de una actividad metabólica de la semilla que, por encontrarse en anaerobiosis, degradan los azúcares simples a ácidos.

**Tabla 2. Comparación de propiedades químicas del piñón**

<b>Muestras</b>	<b>Humedad</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez</b>	<b>Azúcares</b>
Piñón	44,7±0,9a	6,83±0,01a	0,15±0,01a	2,5±0,3a
M1	40,8±0,9ab	4,89±0,01b	0,93±0,05b	0,6±0,1b
M2	37,1±0,9b	4,77±0,12b	1,03±0,05b	0,5±0,3b
M3	43,6±0,9a	7,15±0,04a	0,22±0,04a	2,3±0,3a

\*Las medias y desvío estándar con letra minúscula diferente son las que presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

## 5. Conclusiones

Los empaques con atmósfera modificada inhibieron el desarrollo microbiano, por lo que presentaron mayor tiempo de almacenamiento. Los piñones enteros envasados al vacío y almacenados a temperatura de refrigeración, fueron los que presentaron la menor pérdida de peso (2,2%) y conservaron sus características organolépticas. En cambio, los piñones pelados envasados al vacío y almacenados en las dos temperaturas de trabajo presentaron una disminución mayor (2,9% para el refrigerado y 8,8% para el conservado a temperatura ambiente), en ambos casos, disminuyó el contenido de azúcares reductores, aumentó la acidez (de 0,15 a 0,90g ác. Cítrico/100g muestra) y el pH disminuyó (de 6,8 a 4,9).

Se puede deducir que las condiciones más apropiadas para la conservación de estas semillas serían enteras, envasadas al vacío con atmósfera modificada y refrigeradas.

## **6. Bibliografía**

Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) Official Methods of Analysis.

Casani M. (2012) La incorporación de la semilla del Pehuén en el turismo gastronómico: ¿Desarrollo sustentable local o estrategia de marketing? Tesis de grado presentada ante FCE – UNLP.

Conforti P. (2009) Obtención y caracterización de productos de panadería con componentes regionales y de alto valor nutricional. Tesis doctoral presentada ante UNLP

Henríquez C., Escobar B., Figuerola F., Chiffelle I., Speisky H., Estevez A. (2008) Characterization of piñón seed (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch) and the isolated starch from the seed Food Chemistry 107: 592–601

Taha E., Casanova G. y Navarro R. (2010) Producción, técnicas de poscosecha y desarrollo de productos a partir del piñón. Proyecto de Innovación en la VIII Región del Biobío y IX Región de La Araucanía ISBN N° 978-956-328-093-7

# **39TCA - RETENCIÓN DE VITAMINA C DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE GELES PÉCTICOS LAMINADOS DE ROSA MOSQUETA (*Rosa rubiginosa* L)**

**QUINTERO RUIZ, N. A.; GINER, S. A.**

**Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, CIDCA (UNLP-CONICET).**

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.**

**Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Provincia de Buenos Aires, Argentina.  
[naquinterorr@gmail.com](mailto:naquinterorr@gmail.com)**

## **Resumen**

Con el propósito de desarrollar productos al paso, seguros, novedosos y de buena calidad se elaboraron geles pécticos laminados (GPL) a base de rosa mosqueta. Este fruto es considerado por muchos como una fuente de vitamina C, teniendo una concentración media ocho veces mayor que la naranja (16,22 g de AA/kg de rosa mosqueta seca). Dichos laminados contienen pulpa con una concentración de 14°Brix, azúcar, ácido cítrico y sucralosa. Luego del procesamiento térmico para obtener la pulpa y del secado en estufa de vacío a 50 mBar a temperatura de 60°C por un lapso de 5 horas, el producto obtenido (humedad final del 20 kg agua/kg de muestra) tiene 3,42 g de AA/kg de laminado seco. Para evaluar la variación de ácido ascórbico durante el almacenamiento se prepararon formulaciones adicionadas con metabisulfito de potasio en concentraciones de 100, 500 y 1000 ppm, que se almacenaron a dos temperaturas elevadas (30 y 40°C) durante un tiempo de 60 días, y una temperatura baja (20°C) durante un año. La cuantificación se realizó mediante el uso de HPLC. Primero se analizó la relación de la cantidad de metabisulfito añadida y para las cantidades utilizadas no se observó un efecto significativo en la retención al incrementar la concentración del mismo. Por tal razón, los análisis posteriores se realizaron para la formulación control. La retención final fue del 13% para el almacenamiento a 20°C y del 37% y 4% para las temperaturas de 30 y 40°C respectivamente. La retención luego de dos meses a 20°C fue de 57%, demostrando un efecto de la temperatura de almacenamiento en la retención. Las cinéticas de retención se ajustaron a modelos de orden cero y orden uno obteniendo una mejor predicción con el modelo de primer orden. Esta relación puede expresarse mediante la energía de activación ( $E_a$  71,5 kJ/mol) para dicho cambio, la cual se calculó mediante la ecuación de Arrhenius, adicionalmente a esto se calculó el factor  $Q_{10}$  para dicho cambio el cual tiene un valor medio de 2,6. La retención de ácido ascórbico en los GPL elaborados bajo vacío permite tener luego de 6 meses a temperatura ambiente un producto que contiene una cantidad 1,7 veces mayor que la de la naranja. Por lo que el potencial consumo de geles pécticos laminados de rosa mosqueta, es una opción práctica y saludable para incorporar vitamina C a la dieta durante todo el año.

## **1. Introducción**

Los geles pécticos laminados (GPL) se fabrican de forma artesanal o casera como una forma de conservación de frutos desde hace décadas (Bell, 1994), su facilidad de elaboración y practicidad de consumo lo hacen un producto ideal para el consumo como

alimento de conveniencia o al paso. De trabajos previos y publicaciones en el tema se resumen como características generales a todos los GPL: un bajo valor de pH (3-3,5), moderada humedad (25-15%) y una actividad acuosa intermedia (0,5-0,7), lo que permite tener un producto flexible (tipo cuero) y estable microbiológicamente a temperatura ambiente ((Azeredo et al., 2006; Huang y Hsieh, 2005; Quintero Ruiz et al., 2014). Considerando que el cuerpo humano no sintetiza la mayoría de las vitaminas y minerales por lo que su ingesta mediante una dieta adecuada y balanceada es una forma de prevención de enfermedades (escorbuto, osteoporosis, glaucoma) (Damodaran et al., 2010), para la producción de GPL se seleccionó la rosa mosqueta por ser un fruto típico de la región andino patagónica de Argentina que tiene en promedio 16,22 g de ácido ascórbico/kg de rosa mosqueta seca, lo que lo posiciona como fuente de este micronutriente (Ercisli, 2007; Márquez y Grau, 2003) y que adicionalmente no puede ser consumido en forma fresca, debido a la presencia de vellosidades internas que son irritantes (Venkatesh et al., 2005).

Por lo tanto, los objetivos del presente trabajo fueron

- Cuantificar el contenido de ácido ascórbico de geles pécticos laminados en función de la temperatura de almacenamiento.
- Analizar la variación del ácido ascórbico en relación a tres cantidades de metabisulfito de potasio adicionado a la formulación durante el almacenamiento.
- Determinar los parámetros cinéticos que describen el cambio de ácido ascórbico en el almacenamiento y calcular el factor  $Q_{10}$ .

## **2. Metodología**

### ***Elaboración de los geles pécticos laminados***

Para el desarrollo experimental se utilizaron los siguientes materiales: Pulpa de Rosa mosqueta con una concentración de 14°Brix proveniente del Bolsón (AER el Bolsón, Rio Negro, Argentina), sacarosa, ácido cítrico grado analítico y metabisulfito de potasio (MBK). El gel péctico laminado (rollito de fruta o fruit leathers) se elaboró a partir de una formulación con la siguiente proporción (% p/p): pulpa 78, sacarosa 21 y ácido cítrico 1. Los componentes se mezclaron y se obtuvo la formulación control (C). a esta se le adicionó MBK en tres niveles (100, 500 y 1000 ppm) el valor máximo coincide por el establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA) y el Codex Alimentarius (FAO-WHO, 2010) para conservantes de la familia de los sulfitos en frutas deshidratadas. Se realizaron un total de 18 secados para obtener triplicados de cada formulación este proceso se llevó a cabo en una estufa de vacío a 60°C y una presión de 50 mBar, el secado se terminó al alcanzar una humedad en la muestra de 0,3 kg agua/ kg materia seca (equivalente a 5 horas de secado). La muestra de laminado se envasó en un empaque multilaminar que evita el paso de la luz además de ser altamente impermeable al vapor de agua.

### ***Almacenamiento***

Un primer almacenamiento se realizó de forma convencional en una cámara a 20°C y 57% HR, durante 360 días, el período entre muestreos fue de 30 días (1 mes). En simultáneo se realizaron dos almacenamientos acelerados a 30 y 40°C durante 60 días, el período de muestreo en estos casos fue de 5 días. Una vez alcanzado el período de almacenamiento las muestras se retiraron y se congelaron a -80°C para su posterior análisis. Las muestras nunca permanecieron un período de tiempo mayor a 4 meses congeladas.

### ***Determinación del contenido de humedad.***

Muestras de 3 g para cada muestra se dispusieron en un Mettler LP 16 colocado a 105°C hasta alcanzar peso constante. Este procedimiento sigue el método AOAC 984.25 (AOAC, 1998).

### ***Cuantificación del ácido ascórbico por HPLC***

Se realizaron extractos de las muestras pesando 0,5 g y añadiendo 2,5 ml de una solución de ácido metafosfórico ( $\text{HPO}_3$ ) 5% (p/v) en un tubo de centrifuga. Se homogeneizaron las muestras para ser centrifugadas a 4°C y 14000-15000 rev/min durante 15 minutos. La curva de calibración se preparó con ácido ascórbico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) grado HPLC disuelto en la fase móvil. Los sobrenadantes y las soluciones con las que se prepara la curva de calibración se filtraron con membranas *Millipore* de 0,45  $\mu\text{m}$  antes de ser inyectadas en el equipo. El método utilizado se elaboró a partir de los descritos por (Kafkas et al., 2006; Nojavan et al., 2008). Se utilizó una solución isocrática de ácido metafosfórico al 0,5% (p/v) mezclada con acetonitrilo en una proporción de 93:7, respectivamente. Las separaciones se llevaron a cabo con una columna RP C18 de 250 mm-4,6 mm (Spherical, Optimals ODS-H, Capital HPLC, UK), acoplada a un guarda columna RP C18 de 20mm-4,6mm (Spherical, Optimals ODS-H, Capital HPLC, UK) y a un detector UV-Visible programado para leer a una longitud de onda de 245nm. El flujo utilizado fue de 1 ml/min y el volumen de inyección fue de 20  $\mu\text{l}$ . La temperatura de la columna y el sistema se mantuvieron constantes a 25°C. La curva de calibración se obtuvo graficando el área obtenida para cada pico (se hizo uso del software Peakfit) en función de la cantidad de ascórbico presente, y se encontró que el comportamiento era lineal en el rango de 0,5 a 200 mg/l. Las concentraciones de ácido ascórbico en las muestras se determinaron interpolando el área de los picos con aquellas determinadas para el patrón.

### ***Determinación de los parámetros cinéticos***

El cambio de un parámetro de calidad en función del tiempo puede expresarse de forma genérica como en la Ecuación. 1. Donde C es el parámetro de calidad evaluado, t el tiempo de ensayo,  $k_c$  la constante cinética dependiente de la temperatura y n el orden de la ecuación.

$$-\left(\frac{dC}{dt}\right) = k_c C^n \quad (1)$$

Al evaluar para  $n = 0$  y  $n=1$ , se obtiene una expresión lineal y una expresión exponencial respectivamente (Ec. 2 y Ec. 3), usando el contenido de ácido ascórbico inicial  $AA_i$  y el contenido a lo largo del tiempo AA

$$AA = AA_i + k_c t \quad (2)$$

$$AA = AA_i \exp(k_c t) \quad (3)$$

Se ajustaron los datos a los modelos y mediante el programa de análisis Origin (Origin, 2009) se determinó cual era el mejor en cada caso. Se compararon los datos obtenidos para las distintas variaciones de metabisulfito de potasio. Para evaluar la funcionalidad con la

temperatura se utilizó la ecuación de Arrhenius (Ec. 4) de donde se puede obtener la energía de activación ( $E_a$ ) para la degradación de ascórbico durante el almacenamiento.

$$k_c = k_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (4)$$

El factor  $Q_{10}$  (Ec. 5), es un valor que relaciona la variación de un cambio al modificar en 10 grados la temperatura del proceso. El mismo se determinó para las temperaturas estudiadas.

$$Q_{10} = \frac{k_{c(T+10)}}{k_{c(T)}} \quad (5)$$

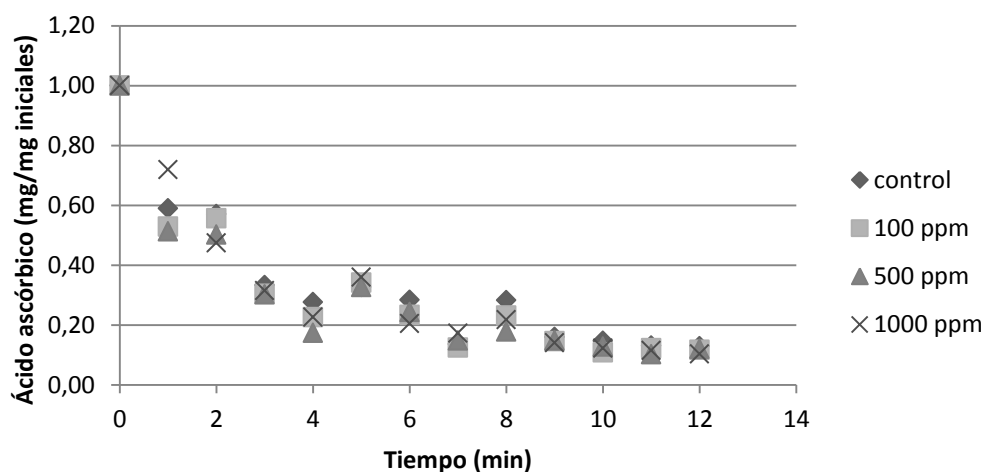
Este valor se utiliza en la mayoría de los casos para estimar el cambio a una menor temperatura sin requerirse los datos para ese almacenamiento.

### *Análisis estadístico*

Para la comparación de los valores en función del contenido de metabisulfito de potasio, se realizó una comparación de los datos mediante el menú “compare data sets” del programa Origin (Origin, 2009).

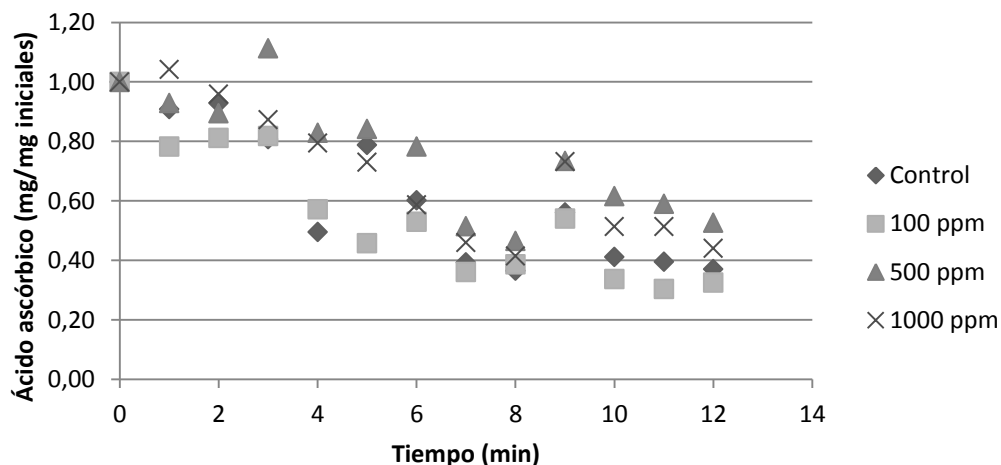
### **3. Resultados**

Los GPL elaborados se analizaron y los valores de ácido ascórbico para cada tiempo de almacenamiento fueron graficados comparando inicialmente las 4 formulaciones a cada temperatura (**FIGURAS 1., 2. y 3.**) todos los valores fueron normalizados a su valor inicial. Al realizar un análisis de comparación de las cinéticas no se encontraron diferencias significativas al aplicar un F-test. Por tanto los análisis posteriores se realizaron sobre la formulación control.

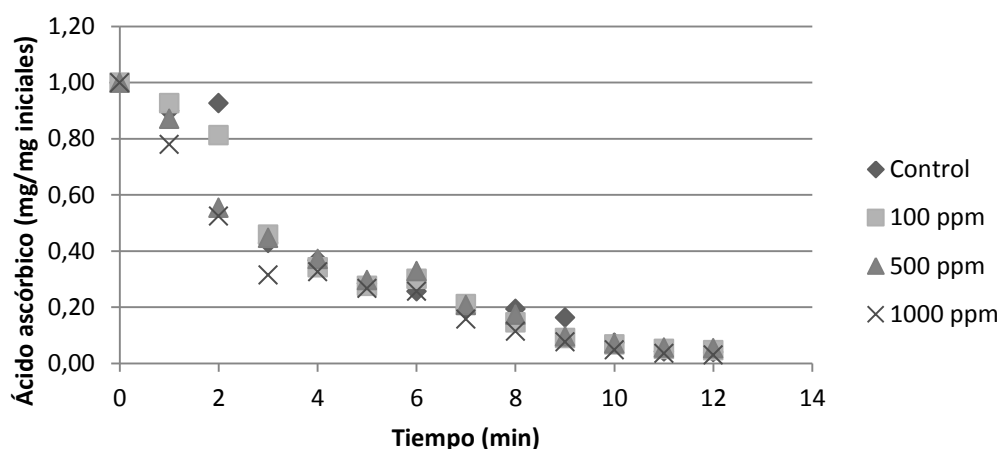


**FIGURA 1.** Contenido normalizado de ácido ascórbico en función del tiempo para las formulaciones almacenadas a 20°C.





**FIGURA 2.** Contenido normalizado de ácido ascórbico en función del tiempo para las formulaciones almacenadas a 30°C.

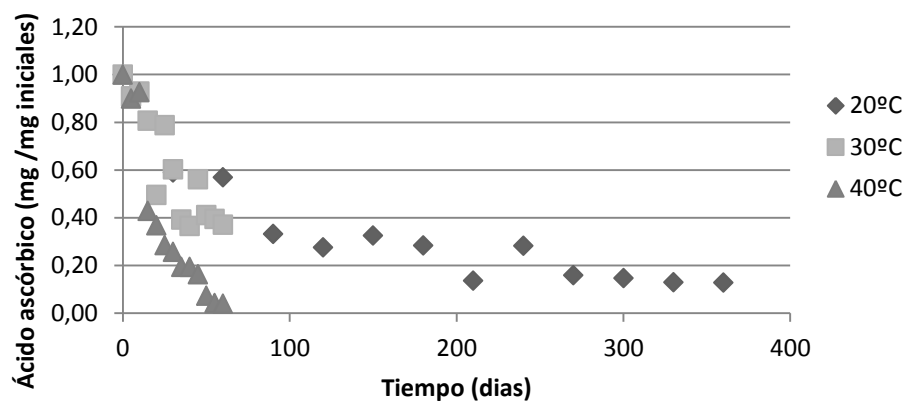


**FIGURA 3.** Contenido normalizado de ácido ascórbico en función del tiempo para las formulaciones almacenadas a 40°C.

Los valores obtenidos para la formulación control a las tres temperaturas se muestran en la **FIGURA 4**. Se observa un decrecimiento pronunciado en las muestras almacenadas a 30 y 40°C reduciendo el contenido de ascórbico en un 37 y 4% al final del almacenamiento respectivamente; mientras que en las muestras almacenadas a 20°C la retención fue del 57% luego de dos meses de almacenamiento, 28% luego de seis meses y del 13% al final del almacenamiento de un año. Para evaluar si la retención era aceptable se compararon los valores obteniendo un contenido 1,7 veces mayor que el de la misma cantidad de naranja fresca luego de seis meses de almacenamiento y 0,8 veces más luego de un año de almacenamiento.

Se ajustaron los valores a los dos modelos cinéticos descritos y los valores se reportan en la **TABLA 1**. Se observó que la cinética de primer orden fue la que mejor ajusto en los tres casos de almacenamiento evaluados, esto concuerda con los resultados presentados por

Burdurlu et al. (2006) en jugos cítricos almacenados y por Laing et al. (1978) en sistemas modelo.



**FIGURA 4.** Contenido normalizado de ácido ascórbico en la formulación control para tres temperaturas de almacenamiento.

**TABLA 4.** Valores de los parámetros cinéticos de GPL para el almacenamiento a tres temperaturas.

Temperatura. (°C)	Modelo	AA <sub>i</sub> (g/kg masa seca)	k <sub>c</sub> (min <sup>-1</sup> )	r <sup>2</sup>
40	Lineal	2,9063±0,2495	0,055±0,007	0,8425
	Exponencial	3,6682±0,2135	0,047±0,005	0,9481
30	Lineal	2,1157±0,1025	0,024±0,003	0,8622
	Exponencial	2,2645±0,1020	0,018±0,002	0,9085
20	Lineal	2,6177±0,2940	0,007±0,001	0,7031
	Exponencial	3,4211±0,2384	0,007±8,35e-4	0,9087

Con los valores obtenidos se graficaron las constantes cinéticas en función de la inversa de la temperatura absoluta para obtener mediante la ecuación 4 el valor de la energía de activación para la degradación de ácido ascórbico en los GPL, siendo de 71,56 kJ/mol, este valor se encuentra en los rangos reportados por Laing et al. (1978) y Burdurlu et al. (2006) de 53,4-106,3 kJ/mol para almacenamiento de sistemas modelo y jugos cítricos.

Con los valores de las cinéticas de primer orden se calcularon los valores de  $Q_{10}$  para las temperaturas estudiadas y se obtuvo un valor de 2,62 para el rango de 20 a 30°C y de 2,58 en el rango de 30 a 40°C.

#### 4. Conclusiones

- Para las concentraciones de metabisulfito de potasio utilizadas, no se encontró una diferencia significativa en la retención del ácido ascórbico durante el almacenamiento convencional y acelerado.
- La cinética de degradación se ajustó a un modelo de primer orden y la energía de activación calculada fue de 71,5 kJ/mol.
- El valor de  $Q_{10}$  fue de 2,6 para la retención de ácido ascórbico durante el almacenamiento.

#### BIBLIOGRAFIA

- AOAC. (1998). *Official methods of analysis* (16th ed.). Gaithersburg, USA: AOAC International.
- Azeredo, H. M. C., Brito, E. S., Moreira, G. E. G., Farias, V. L., & Bruno, L. M. (2006). Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(6), 635-638.
- Bell, M. (1994). *Mary Bell's complete dehydrator cookbook* (First ed.). USA: William Morrow and Company, Inc.
- Burdurlu, H. S., Koca, N., & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 211-216. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.026>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2010). *FENNEMA Química de los Alimentos* (Third ed.). Zaragoza: Acribia.
- Ercisli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. [doi: DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.053]. *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384.
- FAO-WHO. (2010). Codex Alimentarius Retrieved April 18, 2010, from <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/foods/details.html?id=61>
- Huang, X., & Hsieh, F.-H. (2005). Physical Properties, Sensory Attributes, and Consumer Preference of Pear Fruit Leather. *Journal of Food Science*, 70(3), E177-E186.
- Kafkas, E., Koşar, M., Türemiş, N., & Başer, K. H. C. (2006). Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry*, 97(4), 732-736. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.023>
- Laing, B. M., Schlueter, D. L., & Labuza, T. P. (1978). DEGRADATION KINETICS OF ASCORBIC ACID AT HIGH TEMPERATURE AND WATER ACTIVITY. *Journal of Food Science*, 43(5), 1440-1443. doi: 10.1111/j.1365-2621.1978.tb02515.x
- Márquez, C. A., & Grau, A. A. (2003). *Deshidratación de frutos no tradicionales : Rosa Mosqueta (Rose Hips)*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Nojavan, S., Khalilian, F., Kiaie, F. M., Rahimi, A., Arabanian, A., & Chalavi, S. (2008). Extraction and quantitative determination of ascorbic acid during different maturity stages of *Rosa canina* L. fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(4), 300-305. doi: 10.1016/j.jfca.2007.11.007

- Origin. (2009). OriginPro 8.1 (Version 8.1). Northampton,USA: Originlab Corporation.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M., & Giner, S. A. (2014). Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(8), 1799-1804. doi: 10.1111/ijfs.12486
- Venkatesh, R. P., Ramaesh, K., & Browne, B. (2005). Rose-hip keratitis. *Eye*, 19(5), 595-596. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.eye.6701536>

# **40TCA - MODELADO NUMÉRICO PARA LA TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DUAL PARA OBTENCIÓN DE UVA PASA BAJA EN CALORÍAS**

**LABORDE, M.B.<sup>1,2</sup>; BARRETO G.P.<sup>3</sup>; PAGANO A.M.<sup>2,3</sup>**

**<sup>1</sup>CONICET**

**<sup>2</sup>Área de Procesos – Núcleo TECSE,**

**<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Argentina.**

**apagano@fio.unicen.edu.ar**

## **Resumen**

Se ha estudiado la transferencia de masa durante un tratamiento de ósmosis dual (D3S) para obtención de uva pasa de bajo contenido calórico centrando en el reemplazo de los azúcares propios de la fruta por un edulcorante natural Stevia, determinándose la condiciones óptimas para lograr la máxima eficiencia de substitución. Para este proceso se ha desarrollado un modelo inverso de simulación numérica basado en el método de los elementos finitos (MEF) para predecir la cinética de incorporación de Stevia, evaluando la influencia de la geometría adoptada para la representación de la uva. El mejor modelo para describir el proceso fue el tridimensional de esférico, para el cual el coeficiente de difusividad efectiva de los sólidos solubles resultó  $8,80 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $R^2=0,9049$ ;  $\text{STD}_R=0,0013$ ).

## **1. Introducción**

En los últimos años las frutas desecadas han ido ganando interés en el mercado como sustituto más saludable de los aperitivos existentes en el mercado, promoviendo la saciedad (Williamson y Carughi, 2010). Dentro de este gran grupo se encuentran las uvas pasa que son ricas en fibra, calcio, magnesio y potasio y otros compuestos saludables como los polifenoles con potente acción antioxidante. El contenido de estos compuestos varía en función de la variedad de uva, factores ambientales y agronómicos. Las pasas son derivados de la uva que contienen algunos de los compuestos fenólicos originarios de la fruta. Los polifenoles aportan beneficios para salud, ya que presentan efecto preventivo contra enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares (Williamson y Carughi, 2010), mejoran los conductas nutricionales en pacientes con diabetes tipo II (Kanellos et al., 2014), y poseen la capacidad de inhibir la proliferación de una amplia variedad de células tumorales (Sahpazidou et al., 2014).

A pesar de estos beneficios, los consumidores perciben a las frutas desecadas como un alimento de alto valor calórico (Sijtsema et al., 2012). Atendiendo a esta problemática este proyecto se ha desarrollado un producto saludable tipo pasa de uva de bajo contenido calórico mediante la aplicación de un tratamiento osmótico dual (D3S) asistido por ultrasonido, que se completa con secado por aire caliente. El tratamiento D3S consiste en una primera etapa de eliminación de los azúcares originales de la fruta seguida de una etapa de ósmosis para incorporación del edulcorante natural *Stevia*, el cual proviene de un arbusto (*Stevia rebaudiana*) nativo del noroeste de Paraguay (Lemus-Mondaca et al., 2012).

Durante este tratamiento se produce la remoción de agua contenida en la uva y la transferencia de sólidos solubles desde la solución de *Stevia* hacia el interior del alimento. Con vistas a optimizar la eficiencia de los procesos y optimizar el uso de la energía, la determinación de los parámetros de transferencia en términos de difusividad efectiva es esencial (Fabbri et al., 2013; Rodriguez et al., 2013).

En este trabajo se estudia la transferencia de masa durante el tratamiento dual D3S para obtención de uva pasa de bajo contenido calórico centrando fundamentalmente la atención en sustitución de los azúcares propios de la fruta por el edulcorante natural *Stevia*. Se desarrolla un modelo inverso de simulación numérica basado en el método de los elementos finitos (MEF) para predecir la cinética de incorporación de *Stevia*, caracterizada por el coeficiente de difusividad efectiva de los sólidos solubles, evaluando la influencia de la geometría adoptada para la representación de la uva.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Caracterización de la materia prima**

Los ensayos se efectuaron a partir de uva rosada (*Vitis vinífera*) adquiridas en el mercado local procedente de Mendoza (Argentina), seleccionadas por tamaño, color y maduración, y almacenadas en refrigeración (2-5°C) hasta su procesamiento. En la deshidratación osmótica (DO) se utilizó edulcorante natural de mesa en polvo a base de steviósido obtenido en el mercado local (marca *Stevia* ECOOP, 0% calorías).

Las muestras fueron caracterizadas en contenido de sólidos solubles (refractómetro ABBE, precisión  $\pm 0,05$  °Brix), humedad (70°C durante 48 hs, AOAC, 1990), polifenoles totales (método refractométrico con reactivo de Folin Ciocalteu; extracción basada en López de Lerma et al. (2013); cuantificación basada Ketata et al., 2013), composición de azúcares mayoritarios (HPLC), peso promedio de fruto (balanza analítica, precisión  $\pm 0,0001$  g), longitudes características: diámetros ecuatorial y meridional (micrómetro, precisión  $\pm 0,01$  mm), a partir de los cuales se determinó el diámetro equivalente de la partícula (Mohsenin, 1980), y el largo, ancho (y espesor) como los valores medios de los diámetros meridional ecuatorial, respectivamente.

### **2.2. Datos experimentales de deshidratación osmótica dual**

El desarrollo del modelo numérico inverso se llevó a cabo trabajando sobre la base de los datos experimentales obtenidos en un trabajo previo (Laborde, 2014; Laborde et al., 2015) en el cual fue posible determinar el tratamiento óptimo de un proceso dual que permite remover los azúcares propios de la uva e incorporar la mayor cantidad de edulcorante cero calorías, manteniendo a su vez el contenido de polifenoles totales en el producto.

El procedimiento experimental consistió en lavar la fruta fresca ( $18,42 \pm 0,81$  °Brix;  $79,20 \pm 0,44$  % humedad base húmeda;  $34,47 \pm 6,24$  mg ácido gálico/100 g de uva; azúcares mayoritarios glucosa ( $39,02$  mg/g) y fructosa ( $39,92$  mg/g);  $12,13 \pm 1,32$  g peso promedio de fruto;  $25,82 \pm 0,88$  mm diámetro ecuatorial  $D_{ec}$ ;  $29,27 \pm 1,18$  mm diámetro meridional ( $D_m$ );  $26,91$  mm diámetro equivalente  $D_e$ ) por inmersión en agua potable durante 10 minutos a temperatura ambiente, y luego aplicar un pretratamiento para remover las ceras superficiales de la piel permitiendo aumentar su permeabilidad a fin de mejorar la liberación de los azúcares propios de la uva (inmersión en solución de NaOH 0,03% (p/v) durante 45 s a 95°C (Carranza Concha, 2009), con proporción fruta: solución de 1:4).

Efectuado el pre-tratamiento, se aplicó el tratamiento dual (D3S) de sustitución de los azúcares de la uva por edulcorante natural consistente en dos etapas:

- Etapa I: las frutas frescas se sometieron a un proceso de remoción de los azúcares propios de la fruta (glucosa, fructosa) (Laborde, 2013) mediante ósmosis en agua destilada a temperatura ambiente en una relación en peso de 1:4 fruta:solvente (García-Noguera, 2010), con aplicación de ultrasonido (25 kHz) durante 60 minutos (en intervalos de 15 minutos de sonicación con descansos intermedios de 5 minutos). Las muestras fueron extraídas de la solución, escurridas, colocadas sobre papel absorbente y evaluadas en contenido de sólidos solubles, mediante refractómetro.
- Etapa II: las muestras provenientes de la Etapa I se sometieron a un proceso de incorporación del edulcorante steviósido mediante ósmosis en solución a distintas concentraciones (18, 20 y 22% p/p), a temperatura ambiente, para una relación fruta-solución de 1:2, con aplicación de ultrasonido (25 kHz) empleando diferentes tiempos de sonicación (35, 75 y 115 minutos, con descansos intermedios de 5 minutos cada 15 minutos durante todo el proceso). Las muestras fueron extraídas de las soluciones, escurridas, colocadas sobre papel absorbente y evaluadas en contenido de sólidos solubles, humedad, polifenoles y perfil de azúcares.

Las muestras osmodeshidratadas con azúcares sustituidos fueron finalmente secadas en estufa a una temperatura de 60°C hasta alcanzar un contenido de humedad menor al 18% b.h. (Codex Alimentarius, 1981).

El tratamiento dual que logró las mejores condiciones para eliminar la mayor cantidad de los azúcares propios de la uva e incorporar la mayor cantidad de edulcorante natural cero calorías, manteniendo un alto porcentaje de polifenoles totales, se optimizó mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM) (Laborde, 2014; Laborde et al., 2015) resultado ser : Etapa II de ósmosis en solución de Stevia de 20% p/p durante 115 minutos. Para este tratamiento se resuelve el problema numérico inverso por MEF para determinar la constante de difusividad efectiva del edulcorante natural.

### 2.3. Modelado de transferencia de masa

Para describir la transferencia de masa durante la incorporación de edulcorante natural steviósido a la fruta en la segunda etapa del proceso dual (Laborde et al., 2015) de ósmosis, se establecieron balances para los sólidos solubles.

El modelo se basa en la segunda Ley de Fick, donde el balance microscópico para el transporte de materia se describe por la ecuación de difusión:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla(D \nabla C) \quad \text{en } \Omega \quad (1)$$

donde D: coeficiente de difusión (m<sup>2</sup>/s); C: concentración del componente que difunde (kg/m<sup>3</sup>); t: tiempo (s).

Para el caso particular de la difusión en estado transitorio del edulcorante Stevia hacia el interior de la uva durante la deshidratación osmótica con coeficiente de difusión constante, la variación del contenido de sólidos solubles del alimento es:

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = D_s \nabla^2 C_s \quad \text{en } \Omega \quad (2)$$

con las siguientes condiciones iniciales y de borde:

$$C_s(t=0) = C_{s0} \quad \text{en } \Omega \quad (3)$$

$$C_s = C_{se} \quad \text{sobre } \Gamma_1 \quad (4)$$

donde  $C_s$ : concentración de sólidos solubles ( $\text{kg/m}^3$ );  $D_s$ : coeficiente de difusión aparente de sólidos solubles ( $\text{m}^2/\text{s}$ );  $C_{s0}$ : concentración inicial de sólidos solubles ( $\text{kg/m}^3$ );  $C_{se}$ : concentración de equilibrio de sólidos solubles ( $\text{kg/m}^3$ ) (considerada la concentración global promedio en todo el volumen de solución osmótica);  $\Omega$ : dominio completo;  $\Gamma_1$ : superficie externa del dominio.

## 2.4. Desarrollo de modelo MEF

Para interpretar la deshidratación osmótica durante la segunda etapa del tratamiento dual (D3S) y determinar el coeficiente de difusión de soluto, se desarrolló un modelo numérico basado en el método de elementos finitos (MEF) el cual se implementó en el entorno COMSOL Multiphysics® 3.5a.

Durante la deshidratación osmótica se produce un intercambio de agua y sólidos solubles a través de la piel de la fruta, la cual actúa como una membrana. Por lo tanto, la DO es un proceso de difusión contracorriente simultánea de agua y sólidos solubles, en donde se producen principalmente dos tipos de transferencia de masa: flujo de agua de la uva a la disolución y transferencia de soluto de la disolución de Stevia a la fruta.

El agua puede difundirse más fácilmente a través de la membrana celular que los sólidos solubles (Rahman y Lamb, 1990; Marcotte et al., 1991; Marcotte y Le Maguer, 1992; Sablani y Rahman, 2003). Por este motivo, y teniendo como premisa fundamental lograr el reemplazo de los azúcares característicos de la uva por Stevia, este trabajo se enfoca principalmente hacia la determinación del coeficiente de difusión efectiva de solutos en la uva, durante la segunda etapa del tratamiento dual.

A su vez, considerando que el coeficiente de difusión depende de diversos factores, entre ellos la temperatura, concentración y geometría del alimento (Gastón et al., 2002; Sablani y Rahman, 2003; Pagano y Mascheroni, 2013), se busca determinar la geometría más adecuada para representar la materia prima utilizada durante el proceso.

*Definición del problema:* A fin de describir este proceso multifísico considerando la simetría del problema, en primera instancia se desarrolló un modelo numérico bidimensional en elementos finitos mediante el Modo de Aplicación Transferencia de Masa del Módulo de Ingeniería Química, a través de un Análisis Transitorio de Difusión, extendiéndose luego el análisis a un dominio tridimensional.

*Definición del dominio:* En una primera aproximación, el dominio bidimensional (2D-I) fue definido considerando una geometría esférica caracterizada por el radio equivalente ( $r_e = D_e/2$ ) de una esfera con el mismo volumen que la uva, tomando sólo la mitad de su proyección sobre el plano  $xy$ , representando el corte a lo largo del eje del pedicelo.

Como segunda opción, el dominio (2D-II) fue considerado como la proyección en el plano  $yz$  de un elipsoide prolato regular caracterizado por dos semiejes principales definidos a partir de los diámetros ecuatorial y meridional de la uva ( $a = D_{ec}/2$ ;  $c = D_{em}/2$ ).

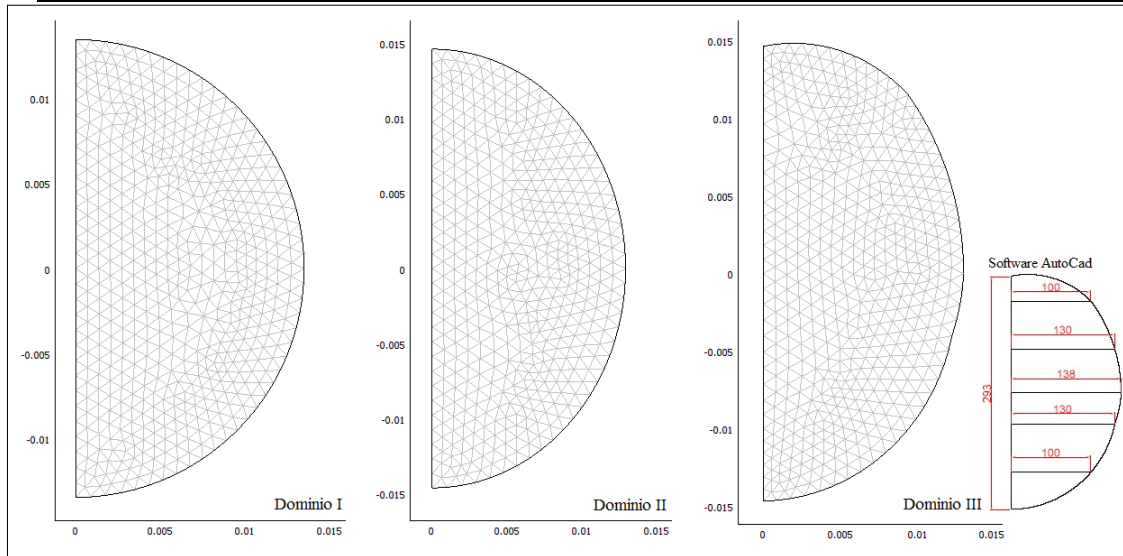
En una tercera alternativa bidimensional, el dominio (2D-III) fue definido edificando la geometría como la proyección característica en el plano  $yz$  de un volumen de revolución irregular (cuasi-elipsoide) construido e interpretado mediante el software AutoCad 2012 en base a una imagen a escala de una uva (tomada como representativa del lote) proyectada sobre el plano  $yz$ .



**Mallado:** Los dominios bidimensionales fueron mallados automáticamente mediante elementos triangulares de Lagrange, evaluándose convergencia de resultados en función de la densificación de malla. La Tabla 1 y la Fig. 1 muestran las características de mallado para cada caso.

**Tabla 1:** Características del mallado.

Dominio	Geometría	Grados de libertad	N° de elementos triangulares	Calidad mínima del elemento
2D-I	esfera proyectada	4430	1068	0,9065
2D-II	elipsoide prolato proyectado	3686	884	0,8588
2D-III	cuasi elipsoide proyectado	4130	992	0,9048



**Fig. 1:** Discretización de los dominios 2D-I (geometría esférica), 2D-II (geometría elipsoidal) y 2D-III (geometría cuasi elipsoidal).

**Propiedades del material:** Para la resolución de la Ec. (2) se requiere conocer los coeficientes efectivos de difusión de los sólidos solubles los cuales fueron estimados siguiendo el procedimiento empleado en un trabajo previo (Rodriguez et al., 2013).

**Condiciones de iniciales y de borde:** El material fue asumido como homogéneo e isotrópico, sin cambio de volumen apreciable y con una constante de difusividad de materia constante durante el proceso.

Las condiciones de borde fueron reformuladas atendiendo a la simetría del problema. La condición de borde (4) implica que en la superficie del material se alcanza el equilibrio de concentración de sólidos solubles instantáneamente.

En cada caso se aplicaron las siguientes condiciones iniciales y de borde:

$$t=0 \quad C_{S0}=18,42 \text{ kg/100 kg} \quad \text{en } \Omega \quad (5)$$

$$t>0 \quad C_{Se}=20 \text{ kg/100 kg} \quad \text{sobre } \Gamma_1 \quad (6)$$

Considerándose el resto de las superficies “aisladas” por simetría (sin flujo de materia que las atraviese).

*Resolución del modelo:* El sistema fue resuelto con el Solver Directo UMFPACK para análisis transitorio, con tolerancias relativa y absoluta de 0,01 y 0,001 respectivamente, con escalado temporal BDF con paso de 6 s y almacenamiento a tiempos especificados, obteniéndose como resultado las distribuciones espacio-temporales del contenido de sólidos solubles en la fruta.

*Análisis estadístico de resultados:* Para estimar la calidad del ajuste del modelo se utilizaron los criterios estadísticos coeficiente de correlación de mínimos cuadrados ( $R^2$ ) y desviación estándar relativa ( $STD_R$ ) (Ec. 7).

$$STD_R = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\Delta\lambda_R - \overline{\Delta\lambda_R})^2 / (N-1)} \quad (7)$$

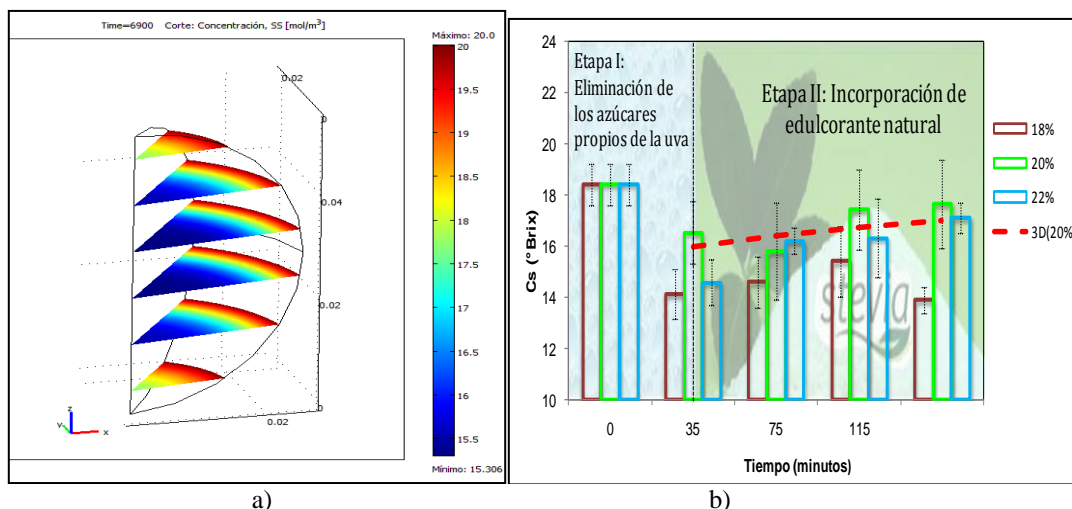
donde  $\Delta\lambda_R = |(\lambda_P - \lambda_E) / \lambda_E|$ , siendo  $\Delta\lambda_P$  y  $\Delta\lambda_E$  los valores predichos y experimentales de sólidos solubles respectivamente; N: número de observaciones.

### 3. Resultados de la simulación del modelo

La determinación del coeficiente de difusión correspondiente a la etapa de incorporación del esteviósido se efectuó proporcionando al software valores de  $D_S$  comprendidos entre  $1 \times 10^{-10}$  y  $1 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s, considerando el rango típico para la DO de diversas frutas bajo condiciones experimentales similares a las del presente trabajo.

La integración en el dominio de las distribuciones espaciales de sólidos solubles simulados mediante el modelo 2D-I fueron comparados con los datos experimentales, determinándose que el coeficiente de difusión para la etapa de incorporación de Stevia a las uvas pretratadas del proceso dual, resultó  $1,92 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s ( $R^2=0,8665$ ;  $STD_R=0,0265$ ). Mientras que para las restantes geometrías bidimensionales (2D-II y 2D-III) el coeficiente de difusión fue para ambas  $9,80 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s (elipsoidal:  $R^2=0,8623$ ,  $STD_R=0,0129$ ; cuasi elipsoidal:  $R^2=0,8589$ ;  $STD_R=0,0133$ ), evidenciando estos modelos menores errores que el esférico.

Evaluable la capacidad de ajuste de modelos espaciales más complejos 3D esférico (3D-I) (caracterizado por  $D_e$ , tomando sólo 1/8 de una uva, discretizando el dominio con 1032 elementos tetraédricos, 3614 grados de libertad, calidad mínima del elemento 0,3517) y elipsoidal (3D-II) (caracterizado por  $D_m$  y  $D_{ec}$ , tomando 1/8 de la uva, discretizando el dominio con 1644 elementos tetraédricos, 5424 grados de libertad, calidad mínima del elemento 0,4236), resultó ser el modelo trimensional esférico 3D-I (Fig. 2a) el de mayor mayor grado de concordancia entre los valores experimentales y predichos (Fig. 2b), asociado con un coeficiente de difusividad de  $8,80 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s ( $R^2=0,9049$ ;  $STD_R=0,0013$ ).



**Fig. 2:** a) Distribución espacial del contenido de sólidos solubles incorporados a la uva para un tiempo de DO de 6900 s; b) Comparativo de los resultados experimentales (barras) y simulados (línea de trazos) mediante el modelo 3D-I para el contenido de sólidos solubles de las uvas durante la etapa de incorporación del edulcorante natural Stevia al 20% en el tratamiento dual.

#### 4. Conclusiones

Se ha logrado modelar la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de uva, determinándose la mejor combinación de geometría para describir el producto y el coeficiente de difusividad efectiva del soluto para el tratamiento dual optimizado. Este modelo permite predecir la cinética de incorporación del edulcorante natural Stevia a la fruta pretratada en reemplazo de sus azúcares originales para la obtención de un producto saludable de bajas calorías.

#### Bibliografía

- AOAC. (1980). Official methods of analysis. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Carranza Concha, J. (2009). Influencia del procesado en el valor nutritivo y funcional de la uva blanca. Tesis Doctoral: Depto. de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España.
- Codex Alimentarius. (1981) <http://www.codexalimentarius.org/codex-home/es/>.
- Fabbri, A.; Cevoli, Ch.; Troncoso, R. (2013). Moisture diffusivity coefficient estimation in solid food by inversion of a numerical model. *Food Research International*, 56:63–67.
- García-Noguera, J.; Weller, C.L.; Oliveira, F.I.P.; Rodrigues, S.; Fernandes, F.A.N. (2010). Dual-stage sugar substitution in strawberries with a Stevia-based sweetener. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(1):225–230.
- Gastón, A.L.; Abalone, R.M.; Giner, S.A. (2002). Wheat drying kinetics. Diffusivities for sphere and ellipsoid by finite elements. *Journal of Food Engineering*, 52:313–322.
- Kanellos, P.T.; Kaliora, A.C.; Tentolouris, N.K.; Argiana, V.; Perrea, D.; Kalogeropoulos, N.; Kountouri, A.M.; Karathanos, V.T. (2014). A pilot, randomized controlled trial to examine the health outcomes of raisin consumption in patients with diabetes. *Nutrition*, 30(3):358–364.
- Laborde, M.B. (2014). Obtención de uva pasa de bajo contenido calórico por deshidratación combinada y evaluación de su capacidad antioxidante. Tesis de grado: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Argentina.
- Laborde, M.B.; Barreto, G.P.; Pagano, A.M. (2015). Pasas de uva de bajas calorías obtenidas por deshidratación combinada: optimización del proceso y evaluación de la eficiencia antioxidante. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 6(1) (ACI1220-14) (*in press*).

- Lemus-Mondaca, R.; Vega-Gálvez, A.; Zura-Bravo, L.; Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects, *Food Chemistry*, 132(3):1121–1132.
- Marcotte, M.; Le Maguer, M. (1992). Mass transfer in cellular tissues. Part II: Computer simulation vs. experimental data. *Journal of Food Engineering*, 17:177–199.
- Marcotte, M.; Toupin, C. J.; Le Maguer, M. (1991). Mass transfer in cellular tissues. Part I: The mathematical model. *Journal of Food Engineering*, 13:199–220.
- Mercali, G.D.; Marczak, L.D.F.; Tessaro, I.C.; Noreña, C.P.Z. (2011). Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, *shum.*). *LWT—Food Sci. Technol.*, 44:82–91.
- Mohsenin, N.N. (1980). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Pagano, A.M.; Mascheroni, R.H. (2013). Computational modelling of the transport phenomenons during low temperature in-bin drying and aeration of amaranth grains. *Mecánica Computacional*, 32: 321-1345, Carlos G. García Garino, Aníbal E. Mirasso, Mario A. Storti, Miguel E. Tornello (Eds.), Mendoza, Argentina, 19-22 Noviembre 2013.
- Rahman, M.S.; Lamb, J. (1990). Osmotic dehydration of pineapple. *Journal of Food Science and Technology*, 27(3):150–152.
- Ramallo, L.A.; Mascheroni, R.H. (2005). Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(5):761-770.
- Rodriguez, M.M.; Arballo, J.; Campañone, L.; Pagano, A.M.; Mascheroni, R.H. (2013). Osmotic dehydration of nectarines: influence of the operating conditions and determination of the effective diffusion coefficients. *Food Bioprocess Technol.*, 6:2708–2720.
- Sablani, S.S. y Rahman, M.S. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*, 36(1):65-71.
- Sijtsema, S.J.; Jesionkowska, K.; Symoneaux, R.; Konopacka, D.; Snoek, H. (2012). Perceptions of the health and convenience characteristics of fresh and dried fruits. *LWT- Food Science and Technology*, 49(2): 275-281.
- Sologubik, C.A.; Campañone, L.; Gely, M.C.; Pagano, A.M. (2013). Efecto de la geometría del grano en la simulación del secado de cebada cervecera. En: XIV Congreso CYTAL (ISBN 978-987-22165-5-9), AATA, Rosario, Santa Fe, Octubre 2013.
- Williamson, G.; Carughi, A. (2010). Polyphenol content and health benefits of raisins. *Nutrition Research*, 30(8): 511–519.

## **41TCA - IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS PATOGENOS EN EL PROCESO DEL QUESO DE PORO**

**HERNÁNDEZ, D. N <sup>1</sup>. DURÁN, M. T <sup>2</sup> . BARRAGÁN L. L. A <sup>1</sup>.**

**1.- División Académica de Ciencias de la Salud. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Av. Gregorio Méndez # 2838-A Col. Tamulté, C.P. 86150 Villahermosa, Tabasco.**

**E-mail: [nuryhd2010@hotmail.com](mailto:nuryhd2010@hotmail.com)**

**2.- División Académica de Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.**

### **Resumen**

En Tabasco se elaboran diversos tipos de quesos en forma artesanal, tanto frescos como duros; de los cuales el proceso es considerado un problema debido al uso de la leche cruda, ya que esto limita la calidad higiénica de los productos<sup>4</sup>. Por lo que se realizaron: análisis microbiológicos queso de poro, determinando coliformes totales, coliformes fecales NMP y Salmonella. Considerando los puntos más importantes del proceso para la toma de muestras (recipientes, moldes, vitrinas de maduración y la pila de Tallado). Se aplicó un diseño experimental para el muestreo, el cual consistió en trabajar con tres repeticiones. Obteniéndose, coliformes fecales con un valor máximo encontrado de 4,800 NMP/ml, lo que indico que las muestras se encontraron por debajo del valor permitido por la NOM. En Salmonellas y en Coliformes totales fueron no significativas, son un producto aceptable pero sin embargo en el proceso no cumplen con las condiciones higiénicas ya que no cuentan con un suministro de agua previamente tratadas.

### **1. Introducción**

En Tabasco se elaboran diversos tipos de quesos en forma artesanal, tanto frescos como duros, y el de mayor aceptación durante muchos años ha sido el llamado queso de poro; en honor al lugar donde se elaboró por primera vez también ha sido llamado queso Balancán. Tradicionalmente, el queso de poro se elabora de manera artesanal a partir de leche cruda producida por vacas de doble propósito <sup>1</sup>.

Dicho proceso es considerado un problema debido al uso de la leche cruda ya que según la Norma Oficial Mexicana 121-SSA1- 1994 exige que a leche sea pasteurizada. La pasteurización de la leche permite obtener productos lácteos con mejores características higiénicas pues con este proceso se destruyen la mayor parte de los microorganismos patógenos que podrían estar presentes en la leche bronca <sup>2</sup>.

Los patógenos microbianos en alimentos, han sido confirmados como la causa principal de las enfermedades transmitidas por estos productos en Latinoamérica y El Caribe, destacando entre estas, las infecciones por *Salmonella* y las intoxicaciones por Coliformes Totales y Fecales <sup>3</sup>.

A pesar de lo antes mencionado existe una gran población de consumidores que aprecian los quesos artesanos por sus singulares características de sabor y aroma, que es generalmente atribuida a la actividad metabólica de la microbiota autóctona presente en la leche cruda <sup>4</sup>.

## 2. Objetivo y Metas

**Objetivo general:** Evaluar la Calidad Sanitaria de los Puntos Iniciales de Proceso de Manufactura de Queso de Poro.

**Metas:** Identificar los puntos de contaminación durante el proceso de Manufactura, que provoquen una alteración en la calidad producto.

## 3. Materiales y Métodos

Se realizó un estudio transversal de tipo observacional, analítico y comparativo. Considerando como puntos iniciales del proceso: recipientes, moldes, vitrinas de maduración, pila de tallado; y por último el producto final. Esto se aplicó en dos queserías de la región de los Ríos del Estado de Tabasco.

El muestreo se realizó antes de iniciar el proceso de elaboración del queso; y la técnica para la recolección de la información fue aleatoria.

Manejo y preparación de las muestras. Se realizó de acuerdo al proy-NOM-109-SSA1-1994 y NOM-110-SSA1-1994, la cual especifica, respectivamente “el procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico” y “la preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”.

Para la realización de los análisis para coliformes totales en placa se determinó de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994, la cual especifica el método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

Para la realización de los análisis para coliformes fecales NMP se determinó de acuerdo a la NMX-AA-042-1987, Calidad del Agua - Determinación del Número más Probable (NMP) de Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Termotolerantes) y *Escherichia coli* Presuntiva.

Para la realización de los análisis para *Salmonella* <sup>5</sup> se determinó de acuerdo a la, determinación de salmonella en alimentos.

Se aplicó el diseño (Tabla I) experimento para el muestreo de las queserías, con tres repeticiones para cada uno de los análisis. Realizándose por duplicado.

**Tabla I.-Queserías a muestrear (A y B de la Región de los Ríos del Estado de Tabasco).**

		<b>Coliformes totales en placas</b>	<b>Coliformes fecales NMP</b>	<b>Salmonella</b>
<b>Recipientes</b>	<i>Tinas de cuajado</i>	3	3	3
<b>Moldes</b>	<i>Escurreido</i>	3	3	3
	<i>Prensado</i>	3	3	3
<b>Vitrina de Maduración</b>	<i>1-6 Tandas</i>	3	3	3
<b>Pila de Tallado</b>	<i>Piedra</i>	3	3	3

#### 4. Resultados y Discusión

De las 90 muestras analizadas, se obtuvo un análisis de medias para los resultados de NMP mostrando que existían, algunas variabilidades entre las medias obtenidas (Tabla II), ya que para el caso del molde, sabanas/vitrinas y la piedra de tallado se notaron las diferencias hasta de un 50%. Y en uno de los casos resulto significativa dicha diferencia.

Cabe mencionar que las queserías visitadas tratan de cumplir con las especificaciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas <sup>6</sup>. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos y la NOM-121-SSA1-1994. Especificaciones sanitarias para los quesos frescos, madurados y procesados. Acentuando elocuentemente la higiene en el personal del área de proceso aunque en la infraestructura era evidente poco higiene; ya que los moldes y la piedra de tallado eran lavados directamente con agua de llave, mientras que la sabana con la que son envueltos los queso permanecía impregnada de sal la cual era lavada cada tres días y en algunos casos donde era utilizada la vitrina esta se encontraba a disposición insectos roedores. En un estudio realizado en corrientes Argentina investigaron <sup>7</sup>. Que los quesos eran elaborados a partir de leche cruda entera, utilizando materiales, utensilios y procedimientos muy rudimentarios, bajo condiciones higiénicos-sanitarias deficientes.

Para el caso de la tina en la quesería A y quesería B no existió diferencia entre las media.

Mientras que para el caso del molde y sabana/vitrina para la quesería A se encuentra una diferencia de hasta el 50% entre muestra y muestra. Y de igual manera en el caso de la quesería B una muestra presento ausencia. Investigaciones realizadas <sup>8</sup>; encontraron una disminución de contaminación microbiana por coliformes fecales y *S. aureus*, en las muestras analizadas, resultando que durante el 2002 la contaminación por coliformes fecales fue del 79% la frecuencia reduciéndose en el 2005 al 41% y con respecto a *S. aureus*, durante este periodo paso del 6 al 2% la frecuencia, cabe señalar que durante el periodo de análisis, se fueron incrementando tanto las sanciones como las medidas de seguridad.

Para el caso de la piedra solo existió diferencia significativa entre las muestras de la quesería B, cabe mencionar que en una de las muestras fue utilizada agua corriente para la limpieza de la piedra y para el segundo muestreo la limpieza de la piedra se llevó a cabo con suero; siendo esta ultima la de menor carga.

Algunas investigaciones han permitido descubrir determinados péptidos que ejercen un efecto protector sobre el organismo ya sea potenciando el sistema inmune o mostrando un efecto antimicrobiano. Suelen ser pequeños péptidos de 4-6 aminoácidos, como por ejemplo el Met-enkephalin, que altera la respuesta inmune y retrasa la respuesta de hipersensibilidad cutánea. Como ejemplo de actividad antimicrobiana, podemos citar fragmentos de la caseína  $\alpha$  conocidos como isracidina, que muestran in vivo un efecto antimicrobiano frente a *Staphylococcus aureus* <sup>9</sup>.

Mientras que para el queso no existió presencia en ninguna de las muestras.

Se Investigó que una mayor acidez en algunas marcas de los quesos puede deberse a la acidez de la materia prima como el suero de inculo el cual tiene valores de pH 4.0-4.1 y pueden estar más acidificados por lo que en relación a los parámetros de pH de los quesos de poro destacan que esos valores están debajo o igual al pH mínimo para el crecimiento *E. coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* <sup>10</sup>.

**Tabla II .-Comparación de medias de las quesería a y quesería b, para nmp/g o ml.**

	QUESERIA 1		QUESERIA 2	
	MUESTRE 1	MUESTREO 2	MUESTREO 1	MUESTREO 2
Tina	1,670	1,670	1,600	67
Molde	1,680	800	22	0
Sabanas/Vitrina	7	14	154	0
Piedra	13	14	3,212	303
Queso	0	0	0	0

La NOM-121-SSA1-1994 para quesos frescos madurados y procesados indica los límites máximos para coliformes fecales (BCF), 10,050 NMP/g. mientras que los resultados obtenidos (Tabla III) muestra que el valor máximo encontrado de 4,800 NMP/ml, lo que indica que las muestras se encontraron por debajo del valor permitido por la NOM.

**Tabla III.-Resultados obtenidos para NMP /g o ml. Con límites de confianza del 95% utilizando el límite superior.**

QUESERIA 1				QUESERIA 2		
Muestra	Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Promedio	Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Promedio
<b>A</b>						
1	4,800.	4,800	4,800	4,800	36	2418
2	210	210	210	0	44	22
3	0	0	0	0	120	60
<b>B</b>						
1	4,800	4,200	3,600	20	0	10
2	120	0	60	9	0	4.5
3	120	0	60	36	0	18
<b>C</b>						
1	0	2	31 1 . 52	30	0	1 1 . 5
2	13	20	16.5	0	0	0
3	9	0	4.5	440	0	220
<b>D</b>						
1	20	20	20	4,800	150	2,475
2	20	23	21.5	36	380	208
3	0	0	0	4,800	380	2,590
<b>E</b>						
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0

La tabla II muestra los datos obtenidos en cada una de las muestras indicando la presencia de patógenos, según el Método de NMP y límites de confianza del 95%, para diversas combinaciones de resultados positivos obtenidos con tres porciones.

Cabe mencionar que esto se debe a que las dos queserías elaboran los quesos con leche sin pasteurizar; además de que el agua que se utiliza para la limpieza de las herramientas y



equipos se toma directamente de red de suministro municipal sin ningún tratamiento previo <sup>11</sup>. Por lo que los datos se obtenidos se atribuye a lo antes mencionado ya que cuando el productor limpia sus equipos y herramientas con suero de la producción anterior se disminuye la carga microbiana.

Sin embargo estos resultados fueron mayores a los indicados <sup>12</sup>, para quesos frescos, que muestran un valor de  $9.33 \times 10^2$  NMP g-1 de BCF. De igual manera, <sup>13</sup> señalan que el número de BCF en quesos frescos fue de 0.246 log 10 NMP g-1, que son inferiores a los encontrados en el queso crema tropical. Haciendo referencia a los datos encontrados es necesario indicar que las muestras eran de quesos de poro y que tal vez el tiempo de maduración, a los cuales son sometidos, la técnica de salazón y la acidez podrían ser factores tecnológicos que ayudan a la inhibición de microorganismos patógenos <sup>14</sup>.

Para el caso de Salmonella existió ausencia en 25 g de muestra y Coliforme Totales no existió presencia en ninguna de las muestras. El queso de poro es un producto de pasta dura por lo que existe menor humedad y el tiempo de maduración en el producto son algunos de los factores que benefician el medio para el no crecimiento de las bacterias <sup>15</sup>. Sin embargo existe información de algunos casos estudiados del queso fresco en Chiapas que indican la presencia de algunos patógenos presentes en el queso elaborado con leche cruda <sup>16</sup>.

Y significativamente en el producto final no existió la presencia de ningún microorganismo; cabe mencionar que algunas investigaciones manifiestan que los quesos durante la fermentación producen péptidos a partir de las proteínas que tienen una gran variedad de funciones nutraceuticas, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos <sup>17,18</sup>, suero de leche tiene algunas funciones nutraceuticas por ejemplo algunas de las proteínas del suero participan en sistemas de defensa más activos, afectando el desarrollo de los microorganismos contaminantes, ya sea al fijar minerales esenciales para su desarrollo (el hierro ligado por la lactoferrina es esencial para el desarrollo de bacterias como E. coli, S. albus, S. aureus y V. cholerae), o bien al interactuar con las membranas celulares, facilitando la actividad de otros sistemas de defensa como las enzimas lisozima y lactoperoxidasa que producen la muerte de los microorganismos <sup>19</sup>.

## 5. Conclusión

Los resultados obtenidos evidencian que los quesos elaborados en los municipio de Balancán y Tenosique Tabasco, son un producto aceptable pero sin embargo en el proceso no cumplen con las condiciones higiénicas ya que no cuentan con un suministro de agua previamente tratadas; como lo establecido en las normas y regulaciones sanitarias vigentes que indican que toda empresa procesadora de alimentos debe contar con aguas de calidad.

## Referencias

1. Anónimo. Comunicación personal. Fábrica de quesos San Marquito y El Tigre. Balancán, Tabasco, México. (2008).
2. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana, NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. 1994
3. González C UD, Pérez V VJ, Clemente C A, Mazariegos E MA, Ruiz T MJ, Rodríguez F MA. Determinación de Coliformes Totales en los Productos Lácteos y su Comparación entre dos Queserías del Municipio de Pijijiapan, Chiapas. Redalyc. 2007. Vol. 32 .1-2.

4. Ramos IB, Bucio GA, Bautista MC, Aranda IE, Izquierdo RF. Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido láctica para la elaboración de queso crema tropical. Universidad y Ciencia. 2009; 25 (2):1 15.
5. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana, NOM-114-SSA1- 1994, Bienes y servicios, Método para la determinación de salmonella en alimentos. 1994.
6. NOM-120-SSA1. Bienes y servicios, Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. 1994.
7. Cabrera RB, Basilica JC, Fusco AJ. Hongos en quesos artesanales de corrientes (argentina). En cátedra de Microbiología presentada Fac. Cs. Exactas, Naturales y Agrimensura, U.N.N.E. - Laboratorio de Bromatología Campus Corrientes – Argentina: Dto. Biotecnología, Fac. Ing. Química, U.N.Litoral, Santa Fe; 2000.
8. Castro GV, Díaz R AM, Torres TB. Análisis de la Calidad Sanitaria de las Queserías y los Quesos en el Estado de Tabasco en el Periodo del 2002-2005. Redalyc.2007.vol. 13. 560-567.
9. Pérez PF. Caracterización de Parámetros Físico-químicos y Calidad Microbiológicas del Queso de Poro del Municipio de Balancan, Tabasco. [Tesis de Maestría] Cárdenas, Tabasco; México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Colegio de Posgraduados; 2012.
10. Díaz, CM. Operación Sanitaria. Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2007.
11. Cristóbal D RL. y Mautua T DJ. Evaluación Bacteriológica de Quesos Frescos Artesanales Comercializados en Lima, Perú, y la Supuesta Acción Bactericida de *Lactobacillus spp*. Revista Panamericana de Salud Pública 2003; 14 (15): 150-163.
12. Dogan-Halkman, Hilial B., Cakir, Ibrahim, Keven, Fikret, Worobo, W., Randy, Halkman y A. Kadir. (2003). Relationship among fecal coliforms and *Escherichia coli* in various foods. European Food Research and Technology 216, 331-334.
13. Romero CP, Leyva RG, Cruz CJ, Santos MA & Santos MA. Evaluación de la Calidad Sanitaria de Quesos Crema Tropical Mexicano de la Región de Tonalá, Chiapas. Revista Mexicana de Ingeniería Química 2009; 111-119.
14. Villegas de Gante. A. Tecnología quesera, México: Trillas; 2004. 12-20.
15. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. 2005.
16. Jiménez GJ, García GM. Propiedades Nutraceuticas de las Proteínas de la Leche. Depto. De Biotecnología Universidad Autonoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma.
17. Chel GL y Betancur AD. Biopéptidos Alimenticios: Nuevos Promotores de la Salud. RESPIN, 2008. Vol. 9 (2). 10-16.
- 19 Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana, NOM- 092- SSA1- 1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias mesófilas en placa. 1994.
- 20 Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana, NOM-113- SSA1- 1994, Bienes y servicios, Determinación de bacterias coliformes en placa. 1994.

- 21 Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana, NOM-114-SSA1- 1994, Bienes y servicios, Método para la determinación de salmonella en alimentos. 1994.
  - 22 Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana, NOM-120-SSA1 (1994). Bienes y servicios, Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. 1994.
-

**ÁREA QUÍMICA,  
PETROQUÍMICA Y  
MINERALÚRGIA  
TRABAJOS COMPLETOS**

## TABLA DE CONTENIDOS.

01TCQ - ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN Y DETOXIFICACIÓN DE PULPAS RESIDUALES DE LA LIXIVIACIÓN DE MENAS AURÍFERAS.....	589
02TCQ - VORTEX FLOWS - PERSPECTIVE DIRECTION OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES INTENSIFICATION.....	596
03TCQ - PRODUCTION OF AMMONIUM NITRATE IN THE VORTEX GRANULATORS: RECYCLING OF PRODUCTION WASTE.....	603
04TCQ - QUALITY IMPROVEMENT OF GRANULAR NITROGEN FERTILIZER IN THE PRILLING PLANTS.....	611
05TCQ - ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DE ORO DESDE SOLUCIONES DE TIOSULFATO DE AMONIO.....	619
06TCQ - MEZCLAS BINARIAS ADSORBIDAS: APROXIMACIONES TEÓRICAS Y SIMULACIÓN.....	626
07TCQ - CALCULO DE COEFICIENTES OSMOTICOS DE ELECTROLITOS FUERTES UTILIZANDO UN MODELO HIBRIDO.....	637
08TCQ - CINÉTICAS DE RECUBRIMIENTO Y AGLOMERACIÓN EN UN GRANULADOR DE LECHO FLUIDIZADO.....	644
09TCQ - ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE UN CICLÓN.....	652
10TCQ - MODELACION Y COMPARACION DE PROPIEDADES MATERIALES DURANTE LA EXTRACCION DE ACEITE DE COLZA.....	659
11TCQ - CEIBO: UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA EL DISEÑO INHERENTEMENTE SEGURO DE PROCESOS.....	667
12TCQ - REFINADO INDUSTRIAL DE GLICERINA CRUDA OBTENIDA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.....	674
13TCQ - SIMULACION DEL PROCESO DE OBTENCION DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE JATROPHA.....	681
14TCQ - OPTIMIZACION ENERGETICA DE LA ESTERIFICACION DE ACEITES VEGETALES USADOS (AVUs).....	688
15TCQ - ESTUDIO DEL PROCESO DE SECADO DE PELICULAS DE CARBOXIMETILCELULOSA.....	695
16TCQ - ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SEPARADORES CICLÓNICOS.....	701
17TCQ - EFECTO DEL TIRON EN LA DEPOSICION ELECTROFORETICA DE BIOGLASS® SOBRE ACERO INOXIDABLE.....	708
18TCQ - PREDICCIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIMIENTO DE PARTÍCULAS EN UN GRANULADOR DE LECHO FLUIDO.....	713
19TCQ - COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE NANOFLUIDOS PARA LA RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO.....	720
20TCQ - SÍNTESIS DE UN ADSORBENTE DE SURFACTANTES ANIÓNICOS EN ESCENARIOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO.....	726
21TCQ - MODELADO DEL POLIMORFISMO DE SÓLIDOS EN AMPLIOS RANGOS DE PRESIÓN.....	731
22TCQ - PREPARACIÓN DE CATALIZADORES ESTRUCTURADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETILENO A TRAVÉS DE LA DESHIDROGENACIÓN OXIDATIVA (DHO) DE ETANO.....	738
23TCQ - MODIFICACIONES A UN CATALIZADOR HETEROGÉNEO EN SISTEMA FENTON A PH NEUTRO PARA LA REMOCIÓN DE BENCENO.....	745

24TCQ - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA ARCILLA PILARIZADA CON ALUMINIO A PARTIR DE UNA MATRIZ NATURAL .....	756
25TCQ - OPTIMIZACIÓN DE REDES MULTISERVICIO UTILIZANDO META HEURÍSTICAS ..	764
26TCQ - CÓMPUTO RIGUROSO DEL EQUILIBRIO ENTRE FASES DE MEZCLAS TERNARIAS .....	772
27TCQ - ANÁLISIS DIRECTO DE COMPLEJOS EQUILIBRIOS LÍQUIDO-VAPOR .....	777
28TCQ - ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CARBON VEGETAL DE APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHACO .....	782
29TCQ - DESCRIPTORES MOLECULARES Y CONTRIBUCION DE GRUPOS PARA ESTIMAR LA TEMPERATURA DE FUSIÓN DE LÍQUIDOS IÓNICOS .....	789
30TCQ - SÍNTESIS DE ÓXIDOS LITIADOS MEDIANTE SOL GEL NO HYDROLÍTICO .....	794

## **01TCQ - ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN Y DETOXIFICACIÓN DE PULPAS RESIDUALES DE LA LIXIVIACIÓN DE MENAS AURÍFERAS**

**QUINZANO, V. A.; MEISSEL, R. J.; BARRERA, E. M.**

**Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Av. San Martín 1109 oeste – (5400) San Juan. Argentina.  
E-mail: vquinzano@unsj.edu.ar.**

### **Resumen**

Se estudió la sedimentación de pulpas lixiviadas con cianuro de sodio y la detoxificación de las pulpas residuales. Se determinó el floculante y dosis adecuada para la sedimentación de las pulpas y se definieron las condiciones óptimas de operación para el tratamiento de los residuos.

Se emplearon dos compósitos de muestras auríferas provenientes de la zona Cerro Negro, provincia de Santa Cruz. Estas muestras se molieron un 80% a 63  $\mu\text{m}$  y se lixiviaron por agitación con NaCN. A la pulpa lixiviada, se le extrajo el oro con carbón activado y luego se le realizaron ensayos de sedimentación empleando dos floculantes. El floculante que arrojó mejores resultados fue el ORICA ORIFLOC AP 2020 en una dosis de 15 g  $\text{kg}^{-1}$ .

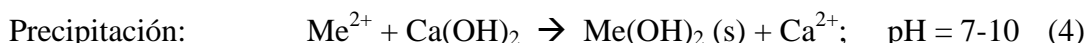
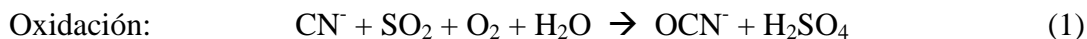
Con el floculante elegido y dosis adecuada, se sedimentaron pulpas y se realizaron ensayos de detoxificación usando el método INCO ( $\text{SO}_2/\text{Aire}$ ). Se obtuvieron residuos con CN WAD entre 1 y 2  $\text{mg L}^{-1}$  para las siguientes condiciones: tiempo de residencia = 60 min, pH = 9,8, adición de ión cúprico = 40  $\text{mg L}^{-1}$  y relación másica  $\text{SO}_2/\text{CN WAD}$  = 5. El tiempo de residencia fue una variable muy importante. Para alcanzar valores de CN WAD < 1  $\text{mg L}^{-1}$ , se requirió un tiempo de 120 min. Los resultados mostraron que aplicando el proceso INCO se pueden obtener valores de CN WAD para diques de colas, inferiores a los permitidos de acuerdo a las legislaciones vigentes.

### **1. Introducción**

El oro y la plata se disuelven en soluciones de cianuro en presencia de oxígeno. El cianuro es altamente tóxico y se deben tomar precauciones extremas en las plantas, para evitar un impacto negativo sobre el medio ambiente. No obstante si bien las soluciones cianuradas siempre se reciclan en el proceso, existen numerosos métodos para degradar cianuros, entre los que podemos citar: cloración alcalina, acidificación y absorción (Cyanisorb, A.V.R.), tratamiento con peróxido de hidrógeno, proceso INCO  $\text{SO}_2/\text{aire}$ , tratamiento con ozono, destrucción con sales de hierro y degradación microbiana.

Uno de los métodos más empleados para el tratamiento de los efluentes cianurados es el proceso INCO ( $\text{SO}_2/\text{Aire}$ ), introducido en 1994 después de que INCO (International Nickel Company's) adquirió la patente canadiense original. El proceso se mostró sensible a diversos parámetros como son: el pH, la concentración de ión cianuro, la dosificación de  $\text{SO}_2$ , la concentración de metales en solución, la concentración de

metales como el Cu y el Fe, la presencia de otros aniones como  $\text{SCN}^-$  y  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , la viscosidad y la transferencia de oxígeno. Las reacciones fundamentales que están involucradas en el Proceso INCO ( $\text{SO}_2/\text{Aire}$ ), en sus etapas de oxidación, neutralización y precipitación (U.S. Environmental Protection Agency, 1994) (Mudder et al., 2000), se describen a continuación:



Dónde:  $\text{Me}^{2+} = \text{Zn}^{2+}; \text{Cu}^{2+}; \text{Ni}^{2+}; \text{Cd}^{2+}; \text{etc.}$

Las reacciones 1 y 2 son catalizadas por  $\text{Cu}^{2+}$  en solución. Las reacciones de oxidación de los cianuros libres o acomplejados en el proceso INCO se realizan con oxígeno en presencia de  $\text{SO}_2$ . El poder reductor de este reactivo puede ser sustituido por otros reductores químicos que contienen  $\text{SO}_2$ , eliminando los riesgos físicos y ambientales que implica su uso directo. Entre estos reductores están el metabisulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{S}_5$ ) y el sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ).

Para este trabajo se utilizaron dos compósitos metalúrgico de muestras provenientes del yacimiento Cerro Negro, ubicado en la provincia de Santa Cruz, Argentina. El mineral de este yacimiento es de origen epitermal de baja sulfuración y el oro se encuentra finamente en la matriz cuarzosa. Estudios anteriores de mineralogía y de lixiviación arrojaron que la mejor extracción de metales nobles se produce a una granulometría de 63  $\mu\text{m}$ , que fue la utilizada para la lixiviación por agitación.

## 2. Objetivos

Los objetivos principales de este trabajo fueron dos: 1. Estudiar la respuesta a la sedimentación de pulpas lixiviadas por el método CIL (carbón en lixiviación), para dos tipos de floculante y 2. Estudiar la detoxificación de las pulpas sedimentadas aplicando el proceso INCO ( $\text{SO}_2/\text{Aire}$ ).

## 3. Metodología experimental

### 3.1. Preparación de las muestras y lixiviación

La preparación de cada compósito denominados VA9 y VA10, consistió en secarlos, triturarlos a P80 10#, homogeneizarlos y molerlos un 80% a 63  $\mu\text{m}$ . Una porción de cada compósito se lixivió durante 72 h por agitación en frasco (BRT), con una solución de 1500  $\text{mg L}^{-1}$  NaCN, un porcentaje de sólido 50% w/w y un pH 10,5-11,0. Se tomaron alícuotas a las 8, 24, 48 y 72 para controlar pH, concentración de NaCN, ajustando los mismos. Concluida la lixiviación, se tomaron muestras del líquido y de la cola final para análisis de oro y plata.



### 3.2. Ensayos de sedimentación

A las pulpas resultantes se le adicionaron 40 g L<sup>-1</sup> de carbón activado y se agitaron durante 6 h, con el objeto de extraer el Au y Ag desde la solución. Se separó el carbón mediante cribado y se diluyó con agua fresca hasta alcanzar una concentración del 14% w/w. Se ajustó la concentración de NaCN a 600 mg L<sup>-1</sup> y el pH a 10,5-11,0. A esta pulpa se le realizaron ensayos de sedimentación con dos tipos de floculantes KEMIRA SF A 120 HMW y ORICA ORIFLOC AP 2020. Se ensayaron dosis diferentes de cada floculante y se determinó la velocidad de sedimentación libre y la turbidez, eligiendo el floculante adecuado y su dosis óptima.

### 3.3. Detoxificación. Proceso INCO (SO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>)

Para los ensayos de detoxificación, se tomaron las pulpas sedimentadas con el floculante elegido, se ajustó la densidad al 55% w/w y la concentración determinar CN WAD a 160 mg L<sup>-1</sup>. A una alícuota se le midió el CN WAD, CN total, pH y leyes de Cu, Zn y Fe. El resto de la pulpa se detoxificó mediante el proceso Inco (SO<sub>2</sub>/Aire). Para determinar las condiciones óptimas de operación, se realizaron ensayos, sobre alícuotas de la pulpa, con diferentes dosis de SO<sub>2</sub> y Cu<sup>2+</sup>, pH y tiempo de residencia, analizando como respuesta el CN WAD. La secuencia de la operación para la detoxificación fue la siguiente: Se colocó en agitación la pulpa y se abrió el ingreso de aire (O<sub>2</sub>). Se adicionó el SO<sub>2</sub> (anhídrido sulfuroso) correspondiente empleando una solución de 10% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (metabisulfito de sodio). Se agregó la cantidad necesaria de Cu<sup>2+</sup> empleando una solución de 1% de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O (sulfato cúprico pentahidratado). Se reguló el pH con Ca(OH)<sub>2</sub> (hidróxido de calcio) y se monitoreó el mismo durante todo el ensayo. Se detoxificó la muestra durante un tiempo predeterminado. Finalizado el ensayo, se tomó una muestra para análisis inmediato de CN WAD. Al producto final que se obtuvo con las condiciones óptimas de operación, se le determinó además CN total, Cu, Fe y Zn.

### 3.4. Análisis químicos

El oro y la plata en los sólidos fueron analizados por fusión (fire assay) y vía húmeda, respectivamente. La determinación de los metales en los líquidos fue por E.A.A. Se emplearon métodos colorimétricos para la determinación de CN total y CN WAD (Método del Ácido Pícrico). El pH se reguló con Ca(OH)<sub>2</sub> (50% CaO activo). Las muestras extraídas fueron analizadas inmediatamente, dado que el SO<sub>2</sub> remanente puede continuar destruyendo el cianuro luego de concluido el ensayo de detoxificación. El CN WAD (Cianuro disociable en ácido débil) comprende las especies de cianuro liberadas con un pH moderado (4,5) como HCN y CN<sup>-</sup> libre acuosos, la mayoría de los complejos de Cu, Cd, Ni, Zn, Ag y otros con constantes de disociación bajas. La turbidez se midió con un turbidímetro digital modelo TU-2016, en ntu (unidades de turbidez nefelométricas).

## 4. Resultados

### 4.1. Lixiviación por agitación en frascos

Las extracciones de oro y plata resultaron 96,17% y 91,51% para la muestra VA9, y para la muestra VA10, 96,53% y 95,04% respectivamente. Los consumos de NaCN y de

$\text{Ca(OH)}_2$  para ambas muestras, fueron de aproximadamente  $600 \text{ g T}^{-1}$  y  $1500 \text{ g T}^{-1}$ , respectivamente.

#### 4.2. Sedimentación

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de la sedimentación para cada compuesto y para cada dosis de floculante. Se observa que con el floculante ORICA ORIFLOC AP 2020 se obtuvo la mayor velocidad de sedimentación y menor turbidez. La dosis adecuada fue de  $15 \text{ g kg}^{-1}$ . Para la pulpa del compuesto VA10, el floculante KEMIRA SF A 120 HMW, no logró la floculación para las dosis ensayadas.

**TABLA 1.** Sedimentación. Compósito VA9. Floculante KEMIRA SF A 120 HMW.

Dosis (ppm)	Resultado	Velocidad de sedimentación ( $\text{cm min}^{-1}$ )	Turbidez (ntu)
0	-----	0,08	-----
5	Positivo	21,51	98
10	Positivo	26,24	56
15	Positivo	29,64	52
20	Positivo	33,20	398

**TABLA 2.** Sedimentación. Compósito VA9. Floculante ORICA ORIFLOC AP 2020.

Dosis (ppm)	Resultado	Velocidad de sedimentación ( $\text{cm min}^{-1}$ )	Turbidez (ntu)
0	-----	0,08	-----
5	Positivo	16,72	112
10	Positivo	32,60	57
15	Positivo	33,36	50
20	Positivo	34,08	45

**TABLA 3.** Sedimentación. Compósito VA10. Floculante ORICA ORIFLOC AP 2020.

Dosis (ppm)	Resultado	Velocidad de sedimentación ( $\text{cm min}^{-1}$ )	Turbidez (ntu)
0	-----	0,02	-----
5	Negativo	-----	-----
10	Positivo	23,28	388
15	Positivo	33,40	128
20	Positivo	40,24	437
30	Positivo	32,64	488

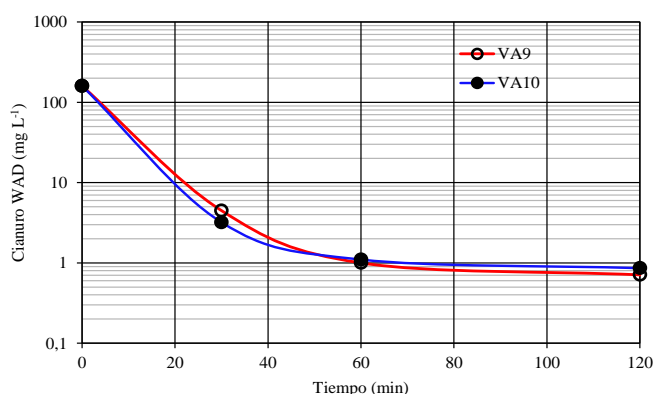
#### 4.3. Detoxificación

La influencia del tiempo de residencia, del pH, del cobre cúprico adicionado y de la relación  $\text{SO}_2/\text{CN WAD}$  ( $\text{g SO}_2$  agregado por g de CN WAD presente inicialmente en la

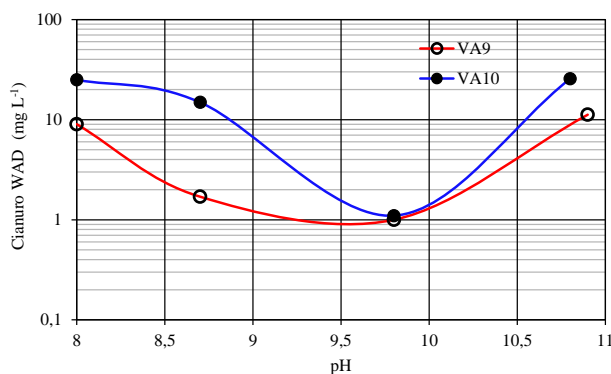
solución) sobre el CN WAD obtenido, se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4, para los compósitos VA9 y VA10, respectivamente.

Se observa una importante influencia del tiempo de residencia sobre el CN WAD obtenido (Figura 1), tanto para VA9 como para VA10. Para un tiempo de 30 min, se obtienen valores entre 3 y 5 mg L<sup>-1</sup> de CN WAD. Para un tiempo de 60 min, se consiguen pulpas con 1 a 2 mg L<sup>-1</sup> de CN WAD. Para alcanzar valores de CN WAD < 1 mg L<sup>-1</sup>, se requiere un tiempo de residencia de 120 min. Las pulpas vertidas en diques de colas en varios proyectos mineros metalúrgicos tienen valores de CN WAD menores a 5 mg L<sup>-1</sup> (Australian Government, Report N° 31, 2010), si bien los valores máximos permitidos difieren de 10 a 50 mg L<sup>-1</sup> según el país que se considere. Para obtener con seguridad valores de CN WAD menores a 5 mg L<sup>-1</sup>, se considera conveniente adoptar un tiempo de residencia de 60 min.

Se obtuvieron los menores valores de CN WAD en el intervalo de pH de 9,6-9,8 para ambas muestras (Figura 2). El proceso INCO (SO<sub>2</sub>/Aire) es eficiente en el intervalo de pH 8-10, pero el valor óptimo varía con la pulpa (U.S. Environmental Protection Agency, 1993), valores menores a 8 reduce la velocidad de reacción y valores mayores a 10 producen una oxidación incompleta.



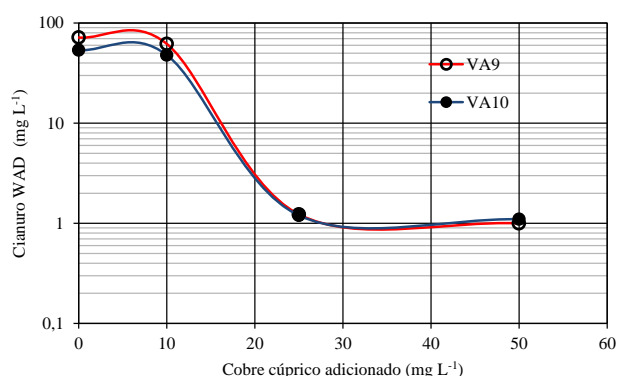
**FIGURA 1.** CN WAD vs. tiempo de residencia. Condiciones: pH = 9,8.



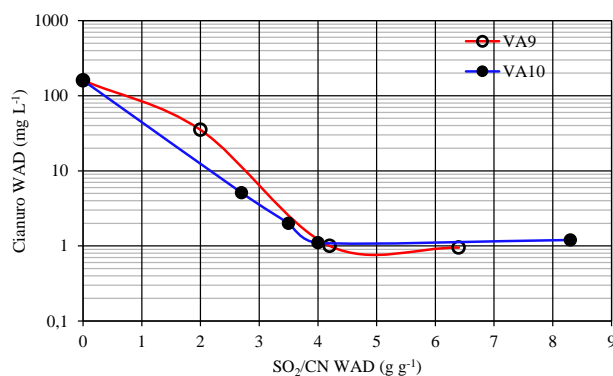
**FIGURA 2.** CN WAD vs. pH. Condiciones: tiempo de residencia = 60 min.

El aumento de la adición de cobre cúprico produjo una oxidación más efectiva ya que se trata del catalizador de la reacción y se consiguieron menores valores de CN WAD (Figura 3). Adiciones superiores a 30 mg L<sup>-1</sup> tuvieron poca influencia sobre el CN WAD obtenido. Debe señalarse que las pulpas previamente a ser detoxificadas, tenían un contenido de cobre soluble de 4 a 6 mg L<sup>-1</sup>. En general el contenido de cobre soluble para que catalice efectivamente la reacción puede variar entre 20 y 60 mg L<sup>-1</sup> (Ritcey G., 2005) (Oleson J. L., 2004).

Los menores valores de CN WAD (1-2 mg L<sup>-1</sup>) se consiguieron con relaciones másicas SO<sub>2</sub>/CN WAD entre 4 y 5 (Figura 4). Estos valores son superiores al estequiométrico de 2,5 g g<sup>-1</sup>, lo cual puede atribuirse a un exceso en el consumo de SO<sub>2</sub> debido a la ocurrencia de reacciones con otros constituyentes de la solución. En las plantas industriales que operan con el proceso INCO, la relación SO<sub>2</sub>/CN WAD varía de 3 a 5 (Demopoulos G.P. and Cheng T.C., 2004).



**FIGURA 3.** CN WAD vs. cobre cúprico adicionado. Condiciones: pH = 9,8.



**FIGURA 4.** CN WAD vs. SO<sub>2</sub>/CN WAD.

Para el tratamiento de las pulpas de VA9 y VA10, se seleccionaron como condiciones óptimas de operación para obtener CN WAD menor a 2 mg L<sup>-1</sup>, las siguientes: pH = 9,8, tiempo de residencia = 60 min, Cu<sup>2+</sup> adicionado = 40 mg L<sup>-1</sup> y SO<sub>2</sub>/CN WAD = 5. Para estas condiciones, se obtuvieron en las pulpas tratadas concentraciones menores a 1,56 mg L<sup>-1</sup> de CN total, 0,22 mg L<sup>-1</sup> de Cu, 0,01 mg L<sup>-1</sup> de Zn y 0,12 mg L<sup>-1</sup> de Fe. En la

Tabla 4, se muestran los valores iniciales y finales de CN WAD, CN total y de las concentraciones de cobre, hierro y cinc obtenidos en la detoxificación de las pulpas.

**TABLA 4.** Resultados del proceso Inco.

Muestra	Estado	pH	CN WAD (mg L <sup>-1</sup> )	CN total (mg L <sup>-1</sup> )	Cu (mg L <sup>-1</sup> )	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	Zn (mg L <sup>-1</sup> )
VA9	Inicial	10,5	158	163	5,46	1,72	14,80
	Final	9,8	1,11	1,12	0,10	<0,01	<0,01
VA10	Inicial	10,5	161	165	4,01	1,23	15,36
	Final	9,8	1,25	1,59	0,22	0,12	<0,01

## 5. Conclusiones

El floculante seleccionado para la sedimentación de las pulpas de lixiviación de los compósitos metalúrgicos del yacimiento Cerro Negro, fue el ORICA ORIFLOC AP 2020, en una dosis de 15 g kg<sup>-1</sup>. El proceso INCO (SO<sub>2</sub>/Aire) demostró ser efectivo para la detoxificación de las pulpas tratadas. Para un tiempo de residencia de 30 min se alcanzaron valores de CN WAD inferiores a 5 mg L<sup>-1</sup>, que es el valor usual que contienen las pulpas vertidas a los diques de colas. No obstante, para mayor seguridad, se adoptó un tiempo de residencia de 60 min. Se seleccionaron como condiciones óptimas de operación, para obtener pulpas con CN WAD menor a 2 mg L<sup>-1</sup>, las siguientes: pH = 9,8, tiempo de residencia = 60 min, Cu<sup>2+</sup> adicionado = 40 mg L<sup>-1</sup> y SO<sub>2</sub>/CN WAD = 5.

## 6. Bibliografía

- Australian Government. Departament of Health and Ageing NICNAS (2010). Priority Existing Chemical, Assessment Report N° 31. Sodium Cyanide. ISBN 978-0-09807221-1-6.
- Demopoulos G. P. and Cheng T. C. (2004). Case study of CIP tails slurry treatment: comparison of cyanide recovery to cyanide destruction. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection. Vol. 4, No. 1, 1303-0868, 1-9.
- Mudder Terry I., Botz Michael M. and Smith Adrian (2000). Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes, second edition, 327-333.
- Oleson J. L. (2004). Modeling of SO<sub>2</sub>/air cyanide destruction process. Preprint 04-16. SME Annual Meeting, 1-6.
- Ritcey Gordon M. (2005). Tailings management in gold plants. Review article. Hydrometallurgy 78, 3 –20.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Solid Waste, Special Waste Branch (1994). Treatment of cyanide heap leaches and tailings, 1-52.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Solid Waste, Special Waste Branch (1993). Cyanide detoxification: Inco sulfur dioxide/air process, 1-1

## **02TCQ - VORTEX FLOWS - PERSPECTIVE DIRECTION OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES INTENSIFICATION**

**SKLABINSKYI, V.I.<sup>1</sup>; ARTYUKHOV, A.E.<sup>1</sup>; ROSSI, P.C.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>**Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries Department, Sumy State University, Ukraine.**

<sup>2</sup>**Department of Chemical Technology, Faculty of Engineering, National University of Río Cuarto, Argentina.**

**E-mail: artyukhov@pohnp.sumdu.edu.ua**

### **Abstract**

Swirl flow leads to large-scale impact on all the characteristics of the flow field and heat transfer. Due to the presence of transverse velocity components: tangential and radial - enhanced convective transport of momentum, energy and mass changes and the vortex structure of internal swirling flows. The use of vortex flows allows intensifying the processes of heat and mass transfer, aligning local temperature in homogeneities due to convective mixing.

In this work, two types of heat and mass transfer devices are discussed: vortex spray countercurrent mass-transfer apparatuses (VSCMA) and suspended layer vortex granulators (SLVG).

This paper presents a theoretical description of the hydrodynamic flow movements in the working chamber of the vortex apparatus, and the theoretical description on classical hydrodynamic equations and differential equations of motion of a particle in a vortex gas flow.

The results analysis of hydrodynamics theoretical studies of vortex gas and gas-droplet flow in heat and mass transfer processes are given. The hydrodynamic conditions are examined, under which the use of such flows in the heat and mass transfer equipment will be most effective.

Operating experience VSCMA under absorption and rectification showed that the application of the above organization of gas-drop flow in heat exchange technology allows getting from 4 to 7 theoretical stages of concentration change in one stage spray. Industrial prototype testing SLVG the manufacture of porous ammonium nitrate showed that the final product has a degree of monodispersity and 98% humidity up to 0.2%, the strength of the granules is 230-300 g / granule.

### **1. Introduction**

The chemical industry is a major consumer of energy resources and is characterized by low energy coefficients. To the researchers there is a problem of developing new energy-saving and especially energy-efficient technologies associated with the development of devices of high specific productivity. Relevant issue is the development of multi-function devices of combined actions, in which it become possible for simultaneous execution of several processes (Sklabinskyi at al., 2013). In such apparatuses, volume efficiency should be 2-3 times higher than that of existing analogues (Kholin and Sklabinskyi, 1998; Sklabinskyi, 1998).

Currently, the chemical factories, oil refineries, food factories, pharmaceutical and other industries are searching for ways of intensification of mass transfer processes in a unit volume of the workspace. This is due to the need; to reduce materials consumption of

mass transfer equipment, reduce energy cost for its operation, maintenance and repair, with high demands on the quality of products. These devices are designed to replace the traditional mass transfer column and granulation tower equipment (Sklabinskyi, 1998; Artyukhov and Sklabinskyi, 2012; Marrone and Scotto, 2011).

## 2. Aims

1. Theoretical description of the hydrodynamic characteristics of swirling gas flow in the chamber of the vortex apparatus.
2. Determination of the gas flow velocity components in the vortex devices.
3. Results Analysis of mathematical modeling and the determination of the optimal operating conditions of the vortex apparatus.

## 3, Methodology

An analytical description movement of swirling flow is based on one of these approaches:

1. The flow is represented as a superposition of plane flow and potential rotation. Calculation method is based on the use of empirical coefficients and only involves determining the hydraulic resistance.
2. To describe the motion of the swirling flow, Bernoulli's equation and the extreme principle for one of the flow characteristics while maintaining the radial channel angular momentum are use. The disadvantage of this approach is the rough sketch flow and lack of consideration of the features of motion in the axial zone of the channel.
3. Applying Bernoulli's equation for the liquid motion in the volute. This method requires prior determination of a series of characteristics that depend on the geometric parameters of the channel. This did not provide definitions of all velocity components. Disadvantages of these methods significantly narrow the scope of their use for the calculation of the swirling flow.

Separately secrete a method in which the description of the axisymmetric motion of the gas with the rotation based on the use of Navier-Stokes differential equations, which are simplified by depending on the task and received physical flow model, and the equations of continuity, energy conservation and the state. This method allows you to conduct fully defining the hydrodynamic characteristics of flow.

## 4. Results and discussion

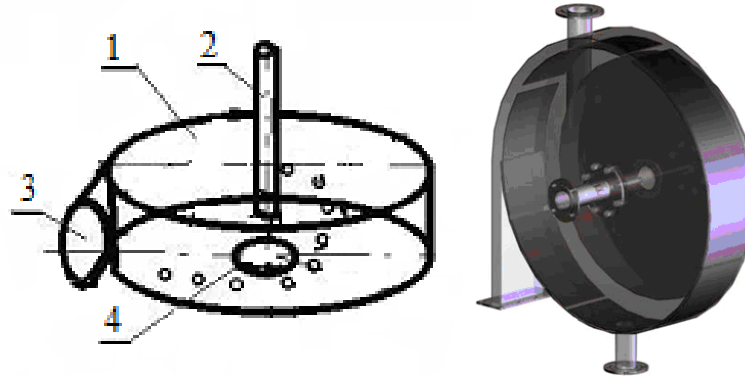
### I Vortex spray countercurrent mass-transfer apparatus (VSCMA)

During 2000 year, chemical technology has developed, which allows create hydrodynamic conditions for the intensification of heat and mass transfer. These apparatuses of spray-type with vortex countercurrent flow motion flows along the radius of the mass transfer chamber (Kovalov and Sklabinskyi, 1998). Factors that lead to the acceleration of mass transfer processes in the vortex spray countercurrent mass-transfer apparatuses (VSCMA) can be explained, using the well-known equation of mass transfer:

$$M = kF\Delta, \quad (1)$$

where  $M$ ,  $k$ ,  $F$  and  $\Delta$  - Amount of substance transferred between the phases, mass transfer coefficient and the surface, the driving force of the process (density difference).

As shown in Fig. 1, a gas or vapor phase is supplied into the swirl mass-transfer chamber via tangential slits, which are arranged on the periphery.



**Fig. 1.** Vortex spray countercurrent mass-transfer apparatus: 1 - vortex chamber; 2 - spray liquid; 3 - tangential gas inlet; 4 - axial venting.

In its motion to the center of the field, the gas flow increases the tangential component of the total rate (according to the law of conservation of angular rotational motion):

$$m_i \frac{d(rV_\varphi)}{dt} = 0. \quad (2)$$

where  $m_i$  - weight  $i$ -th volume  $r$  - current radius,  $V_\varphi$  - tangential component of the total velocity of the gas.

The solution of equation (2) - the dependence of the tangential velocity of the gas flow along the radius of the vortex chamber mass transfer from the periphery to the center (Figure 2).

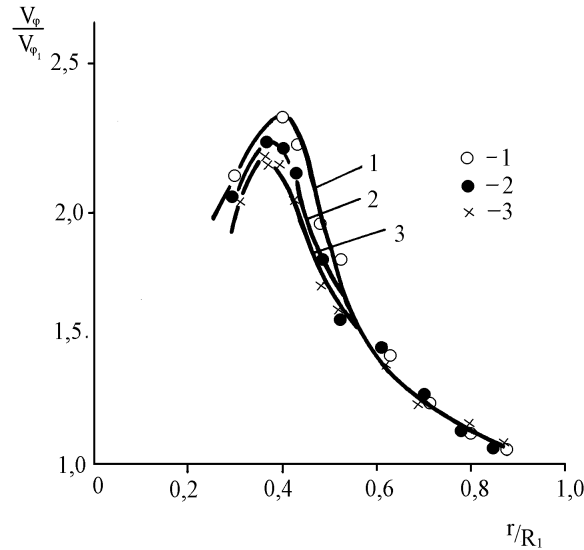
$$V_\varphi = V_{\varphi in} \left( \frac{R_c}{r} \right), \quad (3)$$

where  $V_{\varphi in}$  - velocity of the gas in the input tangential slots  $R_c$  - the radius of the vortex mass transfer chamber.

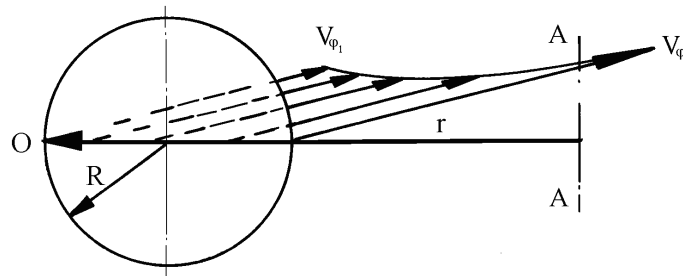
Such countercurrent movement of phase is also important for creating hydrodynamic conditions that lead to accelerate the heat and mass transfer processes. This is due to the motion of the liquid droplets in the gas stream with a transverse gradient of circumferential speed.

Impact of transverse velocity gradient of the gas flow even in very small droplets of liquid leads to the fact that on the opposite side of the droplet along the radius of the vortex chamber, it flows with different gas flow rates (see Fig. 3).





**Fig. 2.** Changing the tangential gas velocity along the radius VSCMA ( $R_2 / R_1 = 0.33$ ;  $V_{\varphi_1} = 32 \text{ m / s}$ ) at a height of the device: 1 - near the upper end cover; 2 - in the middle of the height of the vortex chamber; 3 - near the bottom end cover.



**Fig. 3.** Diagram of action of the gas flow on the drop in the vortex chamber VSCMA.

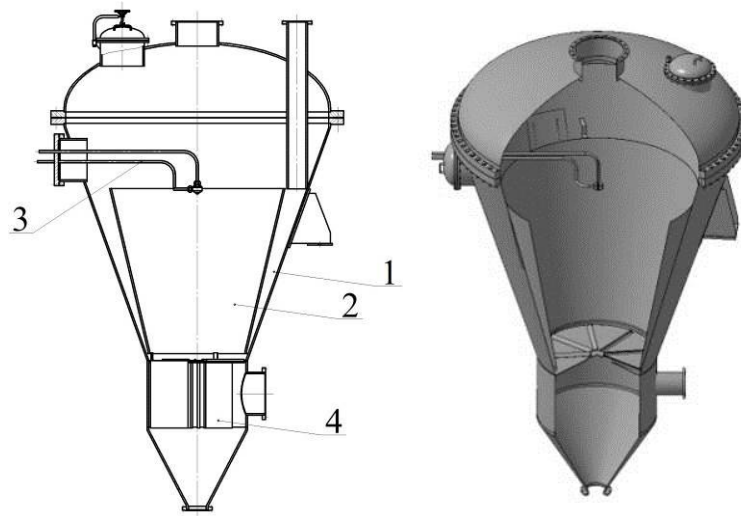
The presence of transverse velocity gradient of gas leads to an intensification of internal circulating currents that increase the intensity of mass transfer and the number of transfer units.

## II Vortex granulator (SLVG)

A significant amount of chemical industries use heterogeneous processes occurring in the "gas-liquid-solid" and occupy a special place among other processes, because their rate of flow is determined by the law of mass and heat transfer in the interacting phases that interact. These processes include various granulation methods.

Analysis of the current market producers of granular products for the chemical, mining, pharmaceutical and food industries has shown that these methods of granulation to the latest (advanced) applies in fluidized bed granulation. Preparation of granular product in fluidized bed is used by world-famous producers of fertilizers and pharmaceutical products - Urea Casale SA, Kahl Group, Stamicarbon, Toyo Engineering Corporation, Changzhou Xianfeng Drying Equipment Company Ltd, Glatt, Uhde Fertilizer Technology, Rottendorf Pharma and others.

In the Suspended layer vortex granulators (SLVG) (Figure 4) spin of the gas stream is achieved by using swirl devices (swirlers) (Artyukhov, 2013).



**Fig. 4.** - Suspended layer vortex granulator with a variable cross-sectional area of the working space: 1 - workspace; 2 - inter-ring space for internal circulation of small granules; 3 - the dispenser; 4 - swirl.

This method of directional movement phase is a passive stimulation technique that does not require an additional supply of external energy, unlike active methods (vibration, impact and the electrostatic, acoustic or magnetic field, mixing, blowing or extracting fluid through a porous surface). Swirl stream using swirl leads to large-scale effects on heat and mass transfer characteristics of the flow field.

The analytical solution results of hydromechanics classical equation (Sklabinskyi and Artyukhov, 2008) with the adopted simplifications and assumptions (Sklabinskyi and Artyukhov 2010) allowed obtaining velocity components of the gas flow:

- Longitudinal/perpendicular:

$$V_z(z) = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \tan^2 \alpha \cdot z^2}, \quad (4)$$

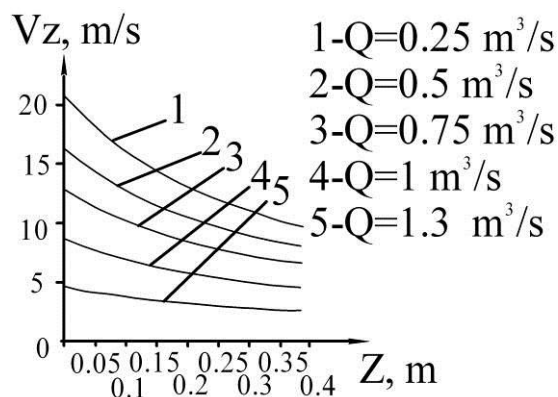
$$\text{- Radial } V_{r1}(z, r) = \frac{-\frac{Q \cdot r^2}{\pi \cdot \tan^2 \alpha \cdot z^3} + \frac{Q}{z \cdot \pi}}{r}, \quad (5)$$

- Circumferential (decision not given due to its bulkiness):

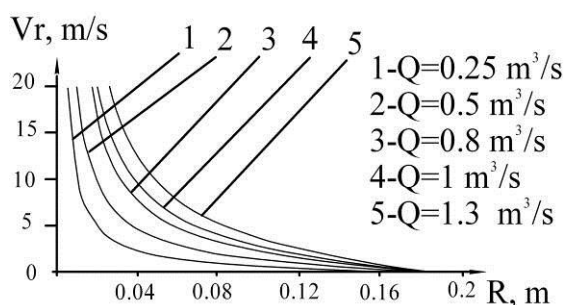
$$V_\phi(z, r) = f(z, r, \alpha, Q, V_{\phi1}), \quad (6)$$

where  $Q$  - gas flow rate;  $R$  - the maximum radius of the workspace granulator;  $r$  - the current maximum workspace radius of granulator;  $\alpha$  - half angle of workspace cone of granulator;  $z$  - the current height of the working space of the granulator;  $V_{\phi1}$  - spin rate of the initial gas stream (output of gas distributor).

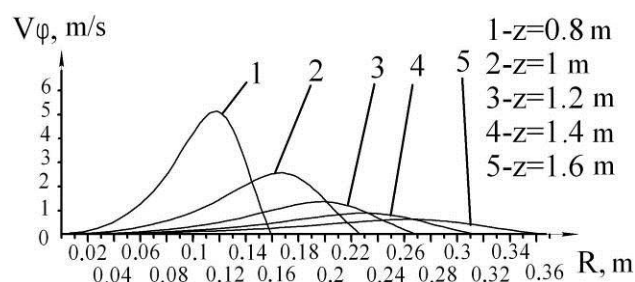
The calculation results by formulas (4) - (6) for individual cases are shown in Fig. 5-7.



**Fig. 5.** Calculated change of the longitudinal velocity of the gas flow throughout the height depending on the gas flow rate (at  $\alpha = 13^\circ$ ).



**Fig. 6.** Calculated change of the radial velocity of the gas flow depending on the gas flow rate (at  $\alpha = 13^\circ$ ,  $z = 0.8\text{m}$ ).



**Fig. 7.** The calculated change of the circumferential velocity of the gas flow depending on the workspace height of the vortex granulator (at  $\alpha = 13^\circ$ ,  $Q = 0.63 \text{ m}^3 / \text{S}$ ) at different heights of the device.

## 5. Conclusions

Operating experience VSCMA under absorption and rectification showed that the application of the above organization of gas-drop flow in heat exchange technology allows getting from 4 to 7 theoretical stages of concentration change in one stage spray.

This approach makes it possible to reduce material heat and mass transfer equipment due to a sharp decrease in the size of devices. It is very important at this time to reduce the cost of newly established production lines and reconstruction of existing technological systems.

Industrial prototype testing SLVG the manufacture of porous ammonium nitrate showed that the final product has a degree of monodispersity and 98% humidity up to 0.2%, the strength of the granules is 230-300 g / granule.

The basis of further research - the study of the influence of the hydrodynamic vortex flows on the intensity of heat and mass transfer processes in systems of "gas-liquid", "gas-solid", "gas-liquid-solid".

## 6. References

- Artyukhov, A. (2013). Computer Simulation of Vortex Flow Hydrodynamics. *Journal of Manufacturing and Industrial Engineering*, 12 (3-4): 25-29.
- Artyukhov, A.; Sklabinskyi, V. (2012). Production of granules with special properties in small-sized vortex devices. *Modern scientific research and their practical application*, J31207: 138-147.
- Kholin, B.; Sklabinskyi, V. (1998). Use of vortex mass transfer apparatus of phases in countercurrent contact zone in the rectification process. *Chemical Industry of Ukraine*, 4: 61-66.
- Kovalov, I.; Sklabinskyi, V. (1998). Basic principles of counter-motion of the vortex gas-droplet flows in the mass-transfer devices. *Journal of EAS*, 3-4: 71-76.
- Marrone L.; Scotto A. (2011). New Technology for Urea Solidification: Vortex Granulator & Vibrating Skin Bucket. *The Casale 3rd Customer Symposium*: 3-7.
- Sklabinskyi, V. (1998). Experimental study of mass transfer characteristics of the spray vortex countercurrent mass-transfer apparatus. *Journal of EAS*, 3-4: 60-65.
- Sklabinskyi, V.; Artyukhov, A. (2008). Calculation of involute streams hydrodynamic parameters in vortical type granulators by analytical method ». *Bulletin of Sumy State University*, 3: 62-70.
- Sklabinskyi, V.; Artyukhov, A. (2010). Determination of hydrodynamic characteristics of the dispersed phase in the small vortex devices. *Bulletin of Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State Polytechnic University*, 6 (59): 196-201.
- Sklabinskyi, V.; Artyukhov, A.; Kononenko, M.; Skidanenko, M. (2013). Equipment for production of granulated fertilizers and granules with porous structure. *Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation*: 176-178.

## 03TCQ - PRODUCTION OF AMMONIUM NITRATE IN THE VORTEX GRANULATORS: RECYCLING OF PRODUCTION WASTE

ARTYUKHOV, A.E.<sup>1</sup>; LEVCHENKO, D.A.<sup>2</sup>; ROSSI, P.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries Department, Sumy State University, Ukraine.

[artyukhov@pohnp.sumdu.edu.ua](mailto:artyukhov@pohnp.sumdu.edu.ua)

<sup>2</sup>Department of Technical Thermal Physics, Sumy State University, Ukraine.

[levchenkodmitryalex@gmail.com](mailto:levchenkodmitryalex@gmail.com)

<sup>3</sup>Department of Chemical Technology, Faculty of Engineering, National University of Río Cuarto, Argentina.

### Abstract

Production of ammonium nitrate granules is energy-intensive process that is accompanied by the release of a sufficiently large number of gaseous nitrous oxide N<sub>2</sub>O. Furthermore, the production process of granular ammonium nitrate by the tower method or in fluidized bed it is inevitable losses in the form of unmarketable (small) fraction and dust.

The main objective of the research is the substantiation the possibility of using vortex devices for recycling of ammonium nitrate.

The problem of waste disposal in the production of ammonium nitrate is described. Methods for processing of waste gases and ammonium nitrate granules are presented. Some of the advanced methods of waste disposal are described in detail.

The mathematical description results of the vortex and vortex ejector plates will be based on the methods of engineering calculation of utilization equipment. Experimental lapping of the recycling module constructed using the above provisions, suggests their correlation to account for the chemical reactions in the flow path of utilizing the module. In the future, a detailed description of the study and other methods of waste disposal of ammonium nitrate is plan.

### 1. Introduction

The environmental safety problem of chemical production is becoming increasingly important. The main environmental issues are: water pollution, air, an increase in production and consumption waste, etc (Spitz, 2003).

Production of granular products (including granules nitrogen fertilizer ammonium nitrate, urea) a major sector of the chemical industry (Litster and Ennis, 2004).

Improving the quality of nitrogen fertilizers and indicators for the consumption of energy and environmental security in their production to the highest international requirements (an important task of enterprise-producers) (Galloway at al., 2008). Improving the performance of production and improve the quality of the products obtained in two directions: the changes in technology and processes; increase in energy and environmental efficiency of existing production equipment (Raun and Johnson 1999

### 2. Aims

1) Development of new approaches to address waste nitrogen impurities in the production of ammonium nitrate; 2) Substantiation the possibility of using devices with

vortex flow in the disposal of waste products of ammonium nitrate; 3) Theoretical description of the mechanism of gas flow interaction on vortex trays with heat-mass transfer separation elements (HMTSE); 4) Theoretical description of catalytic thermal recycling of modules with different types of ejectors, in particular, vortex ejectors.

### 3. Methodology

Waste production plants, for example, ammonium nitrate, are:

- Air, which contains ammonium nitrate dust, nitrogen oxides and ammonia;
- Fine fraction granules, which cannot be used in agriculture.

Modern production of nitrogen fertilizers is carried out mainly in two ways:

- Granulation of the liquid phase by dispersing it into droplets, followed by crystallization by dewatering and cooling;
- Granulation of the liquid phase in the fluidized bed.

Weighted layer granulator of high power density successfully can be use in the production of ammonium nitrate. Separate class of weighted layer granulator the vortex granulators with variable cross-sectional area of the working space (Artyukhov, 2006). Environmental benefits of such devices are the possibility of classifying the granules in the working volume and internal circulation of small granules (Artyukhov & Sklabinskyi, 2012). These advantages reduce the amount of small fraction granules and ammonium nitrate dust.

The main directions of waste disposal of ammonium nitrate and equipment:

1) Capturing of small fraction and dust with further sending to the preparation of the melt - vortex precipitators (Galich at al., 2014), the separation stage (Artyukhov at al., 2010); 2) Capturing of ammonia to form ammonia water for industrial purposes - vortex heat and mass transfer contact stage (Korobchenko at al., 2010), counter-swirl atomized mass transfer devices (Sklabinskyi at al., 2011); 3) Capturing of small fraction and send it to the rearing - takes place directly in the vortex granulator; 4) Capturing of lower oxides of nitrogen, oxidation of them to the higher oxides, shipping on the production of nitric acid - system "reactor-vortex ejector" (Prokopov at al., 2014); 5) Thermal decomposition of unconditioned ammonium nitrate with the formation of lower oxides of nitrogen, oxidation of them to the higher oxides, shipping to the production of nitric acid - a system of "reactor-vortex ejector" (Prokopov at al., 2014).

Thus, for waste disposal such methods are used: hydro mechanical, reactionary, mass transfer, combinational.

Let look at some of them.

To describe the motion of an axisymmetric gas with rotation, Navier-Stokes differential equations are used, which are simplified depending on the task and received physical flow model as well as the differential equations of motion of a particle in a swirling gas flow.

To describe the work processes in the vortex ejector mathematical model is given, which is based on the use of the law of conservation of momentum flux within the cross sections

### 4. Results and discussion

*Vortex tray with heat-mass transfer separation elements (HMTSE)*

During the design contact stages for the absorption of gas cleaning issue is to reduce entrainment. Entrainment depends on the magnitude of the efficiency of mass transfer processes within the contact stage. Analysis of the sieve, bubble cap, valve and vortex

contact devices identified the lowest value of entrainment using vortex contact devices (fig. 1). The presence of such contact device, swirls node of gas flow allows changing the parameters of swirls and significantly affecting the flow resistance of the contact device and the amount of entrainment of the liquid phase of the contact step.

On the basis of theoretical modeling and experimental studies (Artyukhov, 2014; Artyukhov & Liaposhchenko, 2014) proposed an algorithm for the calculation of the vortex tray with HMTSE, which consists of the following stages:

1: Determination of the hydrodynamic conditions of gas flow.

Gas flow calculation, is performed by numerically solving the system of equations describing the most general case of the medium. These are the Navier-Stokes equations (1) and continuity (2):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho V_i V_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \right) \right] + f_i \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho V_j) = 0, \quad (2)$$

where:  $\mu$  - dynamic viscosity of the gas;  $t$  - time;  $V_i$  - instantaneous speed component along the selected axis;  $\rho$  - gas density;  $p$  - pressure;  $f_i$  - represents the action of mass forces;  $x_j$  - coordinate axis  $i, j = 1 \dots 3$ ; for a cylindrical coordinate system index "1" - the longitudinal / perpendicular direction ( $z$ ), index "2" - radial direction ( $r$ ), index "3" - the circumferential direction ( $\varphi$ )

2: Determination of the hydrodynamic conditions of fluid motion.

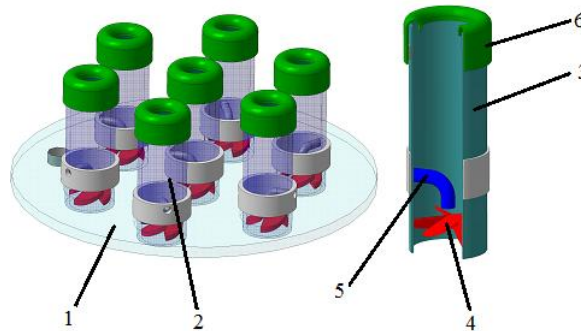


Fig.1 - Vortex tray with HMTSE: 1 - web plate; 2 - heat-mass transfer separation element; 3 - pipe; 4 - swirler; 5 - liquid injection tube; 6 - tape.

Theoretical calculation was based on system of differential equations (3) of the drop motion in the vortex gas stream:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 x_1}{dt^2} &= -g + \psi \cdot \frac{\pi \cdot \mu \cdot d_{dr}}{8 \cdot m} (V_1 - W_1), \\ m \frac{d^2 x_2}{dt^2} &= \frac{W_3^2}{r} + \psi \cdot \frac{\pi \cdot \mu \cdot d_{dr}}{8 \cdot m} (V_2 - W_2), \\ m \frac{d^2 x_3}{dt^2} &= -\frac{W_2 W_3}{r} + \psi \cdot \frac{\pi \cdot \mu_s \cdot d_{dr}}{8 \cdot m} (V_3 - W_3), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

where:  $m$  - mass of drop;  $r$  - the current radius of the HMTSE;  $W_1, W_2, W_3$  - longitudinal / perpendicular, radial and circumferential and velocity components of the drops, respectively;  $g$  - acceleration of gravity;  $\psi$  - linear coefficient of the drop's resistance to the gas flow;  $d_{dr}$  - diameter of the drop.

Here an abbreviated form of the equations is used.

3: Calculation of the optimal size of HMTSE.

For a software implementation the results of mathematical modeling is used:

- Height of the HMTSE

$$L = \frac{s}{g} \cdot \frac{W_3^2}{R}; \quad (4)$$

- Liquid film thickness, rising through the inner wall of contact tube

$$s = \frac{1}{2} \cdot \frac{C \cdot R}{\rho_L}, \quad (5)$$

where:  $R$  - the radius of the contact tube of HMTSE;  $C$  - the amount of liquid per unit volume of the contact tube;  $\rho_L$  - liquid density.

Equations (4) and (5) were obtained by analyzing the effect of external forces on the liquid film in the contact tube. Optimum radius  $R$  should provide maximum value of upward velocity of the gas stream component, which performs balance of forces.

#### *Vortex ejector*

Existing methods for the conversion of nitrous oxide to higher oxides involve the use of natural gas, which leads to additional costs for the organization of this process (laying of the pipeline, related communications, ensuring security of exploitation).

The authors propose a new approach to the implementation of integrated waste disposal systems of ammonium nitrate production using a vortex ejector.

Type selection of ejector stage liquid ring vacuum pump (LRVP) depends on the operating conditions of the vacuum unit. At a constant temperature in the liquid ring and consumable parameters of the system is the most rational choice of straight jet ejector (Levchenko et al., 2009). The liquid ring vacuum pump unitization by the ejector stage, however, if the layout of the technological scheme granulation of ammonium nitrate



with LRVP and using circulating water system, the temperature in the liquid ring vacuum pump is not constant due to the change in time of the concentration of ammonia and ammonium nitrate in a circulating water. In this case, it is more expedient to use the vortex ejector as an upstream stage LRVP and install recycling nitrous oxide (Levchenko et al., 2009). The use of the air ejector stages for Lubrication Free vacuum pump rotary type.

Conditions of work vortex ejector consisting LRVP in different modes and the basic operating parameters of a vacuum unit can be described by three basic equations for the coefficient of ejection  $U$ , The pressure ratio of the passive flux  $\varepsilon$  and closing complex gas dynamic equations correlation functions and the geometrical parameters of the ejector (Levchenko, 2011, Levchenko et al., 2012):

$$U\sqrt{\theta} = \frac{\hat{Z}(\psi_A \cdot \lambda_{IIA}(\beta_{IIA}, \alpha)) - \hat{Z}(\psi_{mix} \cdot \lambda_{III}(\beta_{III}))}{\hat{Z}(\psi_{mix} \cdot \lambda_{III}(\beta_{III})) - \hat{Z}(\psi_P \cdot \lambda_{IIP})}, \quad (6)$$

where  $\hat{Z}(\lambda_{IIP})$  - a complex gas-dynamic function of the passive flow;  $\hat{Z}(\lambda_{III}, \beta_{III})$  - a complex gas-dynamic function of the mixed stream;  $\hat{Z}(\lambda_{IIA}, \alpha, \beta_{IIA})$  - a complex gas-dynamic function of the active thread;  $\lambda_{IIA}, \lambda_{IIP}, \lambda_{III}$  - given the rate of active, passive and mixed, respectively;  $\beta_{IIA}, \beta_{IIP}, \beta_{III}$  - twist angle of active, passive and mixed-flow, respectively;  $\alpha$  - Angle of taper of the swirl chamber;  $\psi_A, \psi_P, \psi_{mix}$  - correlation coefficients, taking into account the dissipative processes in the ejector for active, passive and mixed flows, respectively; subscripts  $IIA, IIP$  parameters of the flows in the cross section of the interaction  $II$ , respectively, for active and passive protection;  $III$  - the cross section of completely mixed stream;  $\hat{\phantom{x}}$  - average values for the section under consideration;  $\sqrt{\theta} = \frac{a_{crP}}{a_{crA}} = \sqrt{\frac{R_P \cdot T_{0P}}{R_A \cdot T_{0A}}}$  - ratio of the critical flow velocities of passive to active.

$$\varepsilon = \sigma_{III} \cdot \frac{\Pi \cdot F_{IIA} \cdot \hat{f}(\lambda_{IIA}, \alpha, \beta_{IIA}) + F_{IIP} \cdot \hat{f}(\lambda_{IIP})}{F_{III} \cdot \hat{f}(\lambda_{III}, \beta_{III})}, \quad (7)$$

where  $\Pi = P_{0A}/P_{0P}$  - the expansion of the active flow (pressure ratio of active to passive flow);  $\hat{f}(\lambda_{IIA}, \alpha, \beta_{IIA}), \hat{f}(\lambda_{IIP}), \hat{f}(\lambda_{III}, \beta_{III})$  - averaged complex gas-dynamic functions for the active, passive, and mixed flows, respectively;  $\sigma_{III}$  - the degree of reduction of the total pressure of the mixed stream;  $F_{IIA}, F_{IIP}, F_{III}$  - cross-sectional areas of active, passive and mixed streams respectively.

$$\hat{q}_3 = \Pi \cdot \frac{\mu \cdot \sigma_{III}}{\varepsilon} \cdot (1 + U\sqrt{\theta}) \cdot \frac{N \cdot r_1^{-2}}{\bar{R}_k^2}, \quad (8)$$

where  $\hat{q}_3 = \frac{\hat{q}(\lambda_{III}) \cos \hat{\beta}_{III}}{\hat{q}(\lambda_{VI})}$  - the ratio of gas-dynamic functions of consumables;  $\mu = \frac{F_{II}}{F_{III}}$

- the ratio of the cross sections areas II and III;  $N$  - the number of active inputs nozzle flow;  $\bar{R}_k, \bar{r}_1$  - the relative radii of the vortex chamber and the nozzle of the active flow (related to the radius of the location of the active flow nozzles)

It should be noted that equation (6) workflow vortex ejector recorded for the conditions of equality environments and temperatures of active and passive flow, as well as excluding the thermal effect of their interaction. Obviously, this is a very crude approximation, therefore, the various properties of the active and passive flows must be considered at the stage of removing, the basic equation for the coefficient of ejection from the equation of the law of conservation of energy:

$$\dot{m}_{III} \cdot i_{0III} = \dot{m}_A \cdot i_{0A} + \dot{m}_P \cdot i_{0P} + \dot{Q}, \quad (9)$$

where  $i_{0III}, i_{0A}, i_{0P}$  - total enthalpy of corresponding streams;  $\dot{m}_A, \dot{m}_P, \dot{m}_{III}$  - mass flow rates of active, passive and mixed flows;  $\dot{Q}$  - heat through the wall of the working chamber and the thermal effect of reacting flows.

Using the equation of isobaric heat capacity for ideal gases  $c_p = R \cdot \frac{k}{k-1}$ , we write the equation (9) as follows:

$$\dot{m}_{III} \cdot R_{III} \frac{k_{III}}{k_{III}-1} T_{0III} = \dot{m}_A R_A \frac{k_A}{k_A-1} T_{0A} + \dot{m}_P \cdot R_P \frac{k_P}{k_P-1} T_{0P} + \dot{Q}. \quad (10)$$

When using the notation:

$\theta = \frac{R_P T_{0P}}{R_A T_{0A}}; \tilde{k}_{III} = \frac{k_{III}}{k_A} \cdot \frac{k_A-1}{k_{III}-1}; \tilde{k}_P = \frac{k_P}{k_A} \cdot \frac{k_A-1}{k_P-1}; \mathcal{G} = \frac{\dot{Q}}{c_{PA} \cdot T_{0A} \cdot \dot{m}_A}$ , equation (10) takes the form:

$$(U+1) \cdot \frac{R_{III} T_{0III}}{R_A T_{0A}} \cdot \tilde{k}_{III} = 1 + U \cdot \theta \cdot \tilde{k}_P + \mathcal{G}, \quad (11)$$

where  $\frac{R_{III} T_{0III}}{R_A T_{0A}} = \frac{1+U \cdot \theta \cdot \tilde{k}_P + \mathcal{G}}{(U+1) \cdot \tilde{k}_{III}}$ . Finally, we obtain:

$$\frac{a_{crIII}}{a_{crA}} = \sqrt{\frac{R_{III} T_{0III}}{R_A T_{0A}}} = \sqrt{\frac{1+U \cdot \theta \cdot \tilde{k}_P + \mathcal{G}}{(U+1) \cdot \tilde{k}_{III}}} \quad (12)$$

Writing the energy conservation equation (9), using a complex gas-dynamic functions and taking into account equation (12) we obtain:

$$\sqrt{\frac{U+1}{\tilde{k}_{III}}} (1+U \cdot \theta \cdot \tilde{k}_P + \mathcal{G}) \cdot \hat{Z}(\lambda_{III}, \beta_{III}) = \hat{Z}(\psi_A \cdot \lambda_{IIA}, \beta_{IIA}, \alpha) + U \sqrt{\theta} \cdot \hat{Z}(\psi_P \cdot \lambda_{IIP}) \quad (13)$$

Equation (13) corresponds to the same equation for gas straight jet ejectors (Abramovich, 1991), and requires clarification of the flow structure in the cross section of interaction and mixing of active and passive media in the vortex ejector to determine the average values of complex gas-dynamic functions. These studies were conducted (Levchenko et al., 2012) for the air, which, nevertheless, allows extending the results of an experiment on the other sparse medium. In addition to reducing the computational work, use of gas-dynamic functions can greatly simplify the conversion of the simultaneous solution of the basic equations of WPP. In such a calculation, more clearly identifies the main qualitative behavior of the flow and the relationship between the parameters of the gas flow. It can be seen that the functions  $Z(\lambda, \alpha, \beta)$  (fig. 2) and  $Z(\lambda, \beta)$  (fig. 3) very little change at transonic speeds, so in these areas a small error in the value, function can lead to a large error in the calculation of the reduced velocity  $\lambda$ . Because of finding this  $\lambda$  on the function value  $Z(\lambda)$  (graphical method) is not appropriate to use in contrast to the use of regression equations (Levchenko, 2011) obtained for the absolute velocity of the gas flow, the accuracy of which is determined by the coefficient of determination and is acceptable for practical use.

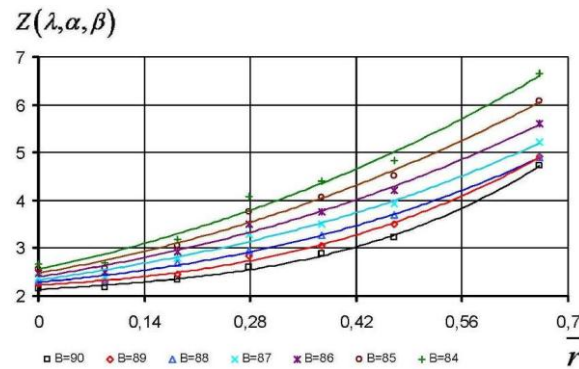


Fig.2 - The relationship between the complex gas-dynamic functions  $Z(\lambda, \alpha, \beta)$  the relative radius in the section II of the vortex flow ejector vacuum at different levels of B (%).

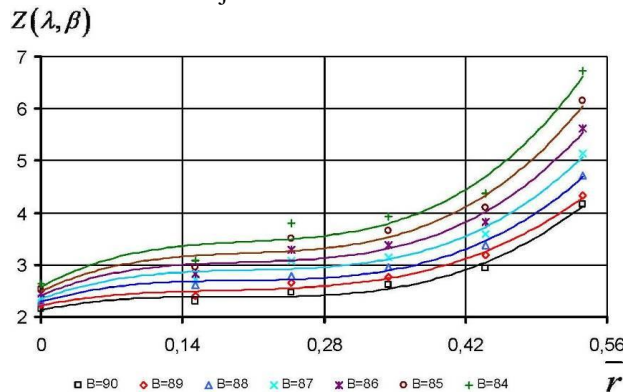


Fig. 3 - Dependence of complex gas-dynamic functions  $Z(\lambda, \beta)$  the relative radius of the cross section of the vortex flow III ejector at different vacuum level B (%).

## 5. Conclusions

The mathematical description results of the vortex and vortex ejector plates will be based on the methods of engineering calculation of utilization equipment. Experimental lapping of the recycling module constructed using the above provisions, suggests their

correlation to account for the chemical reactions in the flow path of utilizing the module. In the future, a detailed description of the study and other methods of waste disposal of ammonium nitrate is plan.

## 6. References

- Abramovich, G. (1991). Applied Gas Dynamics. P.1. Nauka: 579.
- Artyukhov, A. (2014). Optimization of Mass Transfer Separation Elements of Columnar Equipment for Natural Gas Preparation. Chemical and Petroleum Engineering, 49, Is. 11-12: 736-741.
- Artyukhov, A. (2006). Vortical type granulators in the chemical industry. Materials of scientific conference, staff and students of the Sumy State University, 2: 32-33.
- Artyukhov, A.; Liaposhchenko, O. (2014). Conditions of counterflow motion phases on mass transfer and separation trays for distillation and absorption columns. Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research, 5 (1): 21-27.
- Artyukhov, A.; Liaposhchenko, O.; Sklabinskyi, V.I. (2010). Inertial filter separators to clean end gases in vortex granulators. Acta Universitatis Pontica Euxinus, I, part I: 67-69.
- Artyukhov, A.; Sklabinskyi, V. (2012). Production of granules with special properties in small-sized vortex devices. Modern scientific research and their practical application, J31207: 138-147.
- Galich, R.; Yakuba, A.; Sklabinskyi, V.; Storozhenko, V. (2014). Development and Application of Counter Swirling Flow Vortex Dust Collectors. Chemical and Petroleum Engineering, 50, Is. 3-4: 156-161.
- Galloway, J.; Townsend, A.; Erisman, J.; Bekunda, M.; Cai, Z.; Freney, J.; Martinelli, L.; Seitzinger, S.; Sutton, M. (2008). Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. Science, 320(5878): 889-892.
- Korobchenko, K.; Artyukhov, A.; Liaposhchenko, O. (2010). Research of technological and constructive parameters of the multifunctional absorbers work. International Conference CCT-2010, 96-97.
- Levchenko, D.; Meleychuk, S.; Arseniev, V. at al. (2012). Kinematic similarity of flows in vortex ejector stage of the vacuum unit. Sustainable development and artificial cold. Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference: 350-354.
- Levchenko, D.; Meleychuk, S.; Arseniev, V.; (2012). Regime Characteristics of Vacuum Unit With a Vortex Ejector Stage With Different Geometry of Its Flow Path. XIIIth International Scientific and Engineering Conference: 28-34.
- Levchenko, D.; Meleychuk, S.; Arseniev, V. (2009). The use of the air ejector stages for Lubrication Free vacuum pump rotary type. MOTROL. Motorization and power industry in agriculture: 46-53.
- Litster, J.; Ennis B. (2004). The science and engineering of granulation processes. Springer-Science+Business Media, 250 p.
- Prokopov, M.; Levchenko, D.; Artyukhov, A. (2014). Investigation of liquid-steam stream compressor. Applied Mechanics and Materials, 630: 109-116.
- Raun, W.; Johnson, G. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal, 91: 357-363.
- Sklabinskyi, V.; Abdullah, J.; Mohammed, N. (2011). The characteristics of vortex spray countercurrent mass exchange device. Engineering & Technology Journal, 29, No.15: 3211-3223.
- Spitz, P. (2003). The Chemical Industry at the Millennium. Chemical Heritage Press, 400 p.

## **04TCQ - QUALITY IMPROVEMENT OF GRANULAR NITROGEN FERTILIZER IN THE PRILLING PLANTS**

**SKLABINSKYI, V.I.<sup>1</sup>; ARTYUKHOV, A.E.<sup>1</sup>; KONONENKO, M.P.<sup>1</sup>;  
ROSSI, P.C.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>**Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries Department, Sumy State University, Ukraine.**

<sup>2</sup>**Department of Chemical Technology, Faculty of Engineering, National University of Río Cuarto, Argentina.  
artyukhov@pohnp.sumdu.edu.ua**

### **Abstract**

Currently, the most common method of producing nitrogen fertilizer granules is a way to melt prilling towers, which produces more than 70% of the total volume of products. The method is characterized by prilling the melt dispersion of nitrogen fertilizer into droplets in the granulation tower, cooling and crystallization of solid granules in a free fall in the upstream of cold air.

The studies found that the process of disintegration of the jet into droplets can be stabilized by imposing on the melt stream forcing fluctuations close to the natural frequency decay. These fluctuations have a significant impact on the formation of droplets in the decay of the jet, reduce the length of disintegrated parts of the stream and sharply narrow fractional composition of the final products. Prospective design of dispersants is currently static and centrifugal dispersing device with superimposed vibrations.

Dispersants type RVG have reliable vibration system, which provides stable overlay fluctuations in the liquid jet flowing out of the holes of the perforated shell, regardless of changes in load on the dispersant on afloat. This allows the vibratory level measurement in the melt priller and thereby controls the degree of clogging and the exhaust velocity of the melt from the holes of the perforated shell. Researches were carried out in an industrial environment. The experimental results showed that the modified dispersant RVG with electromagnetic vibrator has enhanced monodispersity resultant product and reducing it in the dust-forming content of particles smaller than 1.0mm and more than 3.2 mm. The use of dispersants RVG with vibration unit helps to improve the quality of the nitrogen fertilizers, improve product quality and reduce emissions. Their operation can reduce the energy costs of production due to a significant decrease in the proportion of dust from exhaust air to the atmosphere.

### **Introduction**

The world market for fertilizers in recent decades is developing rapidly, fueled by the growth of the world economy and agriculture. As a result, of less than 30 years, its volume increased almost 5 times and reached more than 70 billions dollars at the stable average values, growth rates of around 3% per year (Nitrogenous Fertilizers Market, 2014) Production of commodity forms of nitrogen fertilizer in two ways: by granulation and prilling. Granulation method is carried out by spraying and multiple layers of melt drops fertilizer on solids substandard product to form spherical pellets, and cooling them. As the main technological equipment fluidized bed is available (Firm "Mitsui

Tootsu" and "Toe Engineering"), vortex weighted layer apparatus (Artyukhov and Sklabinskyi, 2012), pan granulators (firm "Norsk Hydro"), drum granulators (firm "Kaltenbach Turing Process"). Also were developed methods of compression and granulation in spouted bed (Nakamura, 2007).

Currently, the most common method of producing nitrogen fertilizer granules is a way to melt prilling towers, which produces more than 70% of the total volume of products (Cheblakov et al., 2010). The method is characterized by prilling the melt dispersion of nitrogen fertilizer into droplets in the granulation tower, cooling and crystallization of solid granules in a free fall in the upstream of cold air.

### **Aims**

The purpose of research: improving the uniformity of granules and reducing the amount of dust that blows from the tower with air.

Key tasks:

1. Substantiation relevance in the application of vibration technology for production of monodisperse droplets.
2. The study of hydrodynamics vibration dispersants.
3. Develop methods to reduce dust emissions from the air, which leaves the prilling tower.
4. Industrial tests of modified structures vibration dispersants.

### **Methodology**

Studies were carried out on commercial plants producing ammonium nitrate and urea according to the procedure and the test program dispersants RVG.

Variable parameters:

- The rotation speed of the dispersant basket;
- Vibration frequency;
- The load on the melt nitrogen fertilizer.

Performance measures dispersant:

- Granulometric composition and temperature of the product;
- Strength of the granules;
- Rotation speed disperser, which regulates the diameter of torch the spraying granules in tower;
- The content of the dust fertilizer in the exhaust air from the tower.

To determine the size distribution of the resulting product granules are sampled at the outlet of the fluidized bed granulation tower and sieve analysis of samples carried out. Sampling should be carried out not earlier than 1.0 hours after the start of the granulator at steady state (under load). Subsequent sampling and analysis is carried out not less than 2 hours.

Grain size distribution of the product and the strength of the pellets were determined in accordance with regulations.

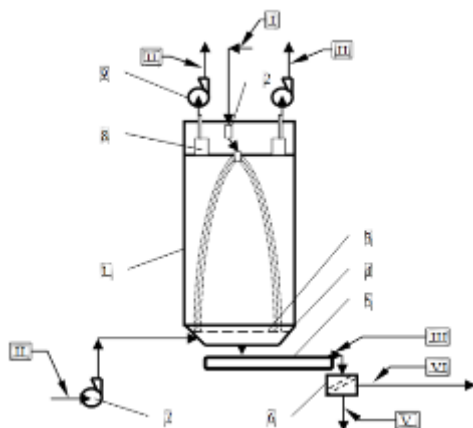
Modern prilling tower (fig. 1) represents an engineering structure up to 114 m in diameter and up to 16 m, depending on the performance, simple and reliable in operation (Chernyshev et al., 2009).

## Results and discussion

For dispersion of melt nitrogen fertilizer used with different device form a perforated shell, generally having an axial symmetry. The operation of a centrifugal (rotary) granulator with a vibrator was carried out.

Rotation dispersant (priller) facilitates the distribution of granules on different trajectories. This improves the heat transfer conditions in the granulation tower, reduced fusion probability drops with formation of "double" prill.

Selecting areas of research related to the fact that the recent years, preference is

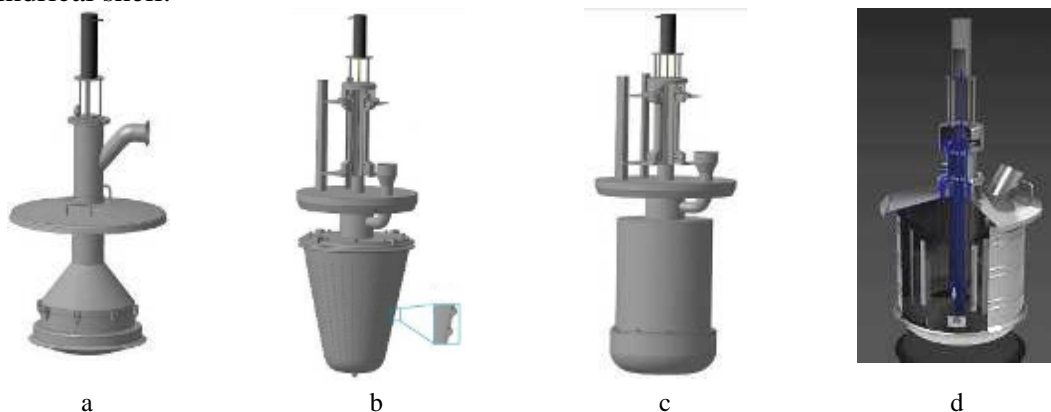


**Fig. 1.** The diagram for obtaining nitrogen fertilizer by prilling method: 1 -granulation tower; 2 – Separation of granulation (pressure tank, melt filter, dispersant); 3 - Cooler granules of the "fluidized bed"; 4 - cones; 5 - transporter; 6 - rumble; 7 – pressure fan; 8 - air cleaning system; 9 - exhaust fans; streams: I- melt nitrogen fertilizer; II - the air; III - pellets of the tower; IV- pellet fractions of heading; V- substandard pellets for processing

mostly static dispersants with a corrugated or paraboloidal work surface and centrifugal (rotary) with cylindrical, conical and cupped perforated shells. This is due to their ease of manufacture and better indicators produce uniform liquid droplets, or pellets (fig. 2).

A theoretical analysis of fluid motion hydrodynamics inside the perforated shell was carried out. In the result, toroid shape of the shell was chosen. The modification variety of dispersants and forms of their perforated membranes caused by the necessity of optimal distribution of the specific load on the cross section of the tower in order to intensify the heat transfer process. Fig. 3 shows the distribution of specific gravity irrigation over the cross section of the tower during operation of centrifugal dispersants with cylindrical, conical and toroid shell. As can be seen from the graphs, a better distribution have toroid shell. The rest of the shell does not allow achieve a uniform distribution of pellets over

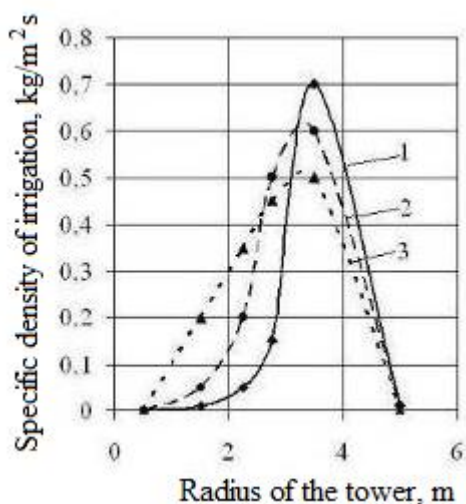
the cross section of the tower. Have the worst performance dispersants with perforated cylindrical shell.



**Fig. 2.** Dispersants (priller) with an electromagnetic vibrator (development of Sumy State University): a - static dispersant; b - centrifugal dispersant with perforated conical shell; c - centrifugal dispersant with cupped perforated shell; d - rotating disperser with toroid shell perforated

A theoretical analysis of fluid motion hydrodynamics inside the perforated shell was carried out. In the result, toroid shape of the shell was chosen. The modification variety

of dispersants and forms of their perforated membranes caused by the necessity of optimal distribution of the specific load on the cross section of the tower in order to intensify the heat transfer process. Fig. 3 shows the distribution of specific gravity irrigation over the cross section of the tower during operation of centrifugal dispersants with cylindrical, conical and toroid shell. As can be seen from the graphs, a better distribution have toroid shell. The rest of the shell does not allow achieve a uniform distribution of pellets over the cross section of the tower. Have the worst performance dispersants with perforated cylindrical shell.



**Fig. 3.** Distribution of the specific density of irrigation on the cross section of the tower 1 - centrifugal melt disperser with perforated cylindrical shell; 2 - centrifugal melt disperser with perforated conical shell; 3 - melt rotary vibratory disperser of toroid perforated shell.

Studies and analysis of the results shows that the dispersant with a cylindrical, conical and hemispherical shells form can receive high-quality pellets. It is possible, if the choice of the form of the perforated shell liquid jets give the same initial velocity. In this case, it will be obtained a monodisperse spray of liquid into droplets. Analysis and calculation of the trajectory of the jet showed that the working surface of the perforated shell must perform profiled, which allows more evenly distribute the product over the cross section of the tower. For this it is necessary to know the path, speed, time and granules fall height. Determination of the maximum diameter of the melt spray dispersant and the trajectory of the granules are as necessary to optimize the thermal load of the granulation tower,

preventing adhesion of granules on the cone cooler fluidized bed or countertops mechanism discharging the product from the tower. This prevents crossing jets when installing multiple systems prilling. The research allowed optimizes the shape of the perforated shell rotary vibratory disperser RVG in accordance with the parameters of the granulation tower for various units of production of nitrogen fertilizers.

Monodisperse granules provide uniformity of their distribution and increases the effectiveness of fertilizer.

The studies found that the process of disintegration of the jet into droplets can be stabilized by imposing on the melt stream forcing fluctuations close to the natural frequency decay. These fluctuations have a significant impact on the formation of droplets in the decay of the jet, reduce the length of disintegrated parts of the stream and sharply narrow fractional composition of the final product. Prospective designs of dispersants are currently static and centrifugal dispersing device with superimposed vibrations.

Dispersants with vibrating generators allows obtain the granules of monodisperse structures only at calculated nominal load on the melt. At a deviation of nominal flow rate, decay ceases to be homogeneous. This leads to a significant deviation from the mean droplet size and the formation of satellite droplets, degrade the quality of the finished product.



If there are no vibrations, but the liquid jet breaks up into droplets, that there are significant deviations of the average diameter of the droplets from the calculated values. In addition, the formation of the jet between the droplets formed small droplets - satellites.

Laying on the jet external vibrations leads to the disappearance of the satellite droplets and formation of nearly monodisperse droplets (Sklabinskyi, Artyukhov et al., 2013; Sklabinskyi, Kononenko et al., 2013).

In the production of nitrogen fertilizers were applied three types of vibrators - pneumomechanical, hydroacoustic and electromagnetic.

Get a good quality product with the use of hydroacoustic vibrators is impossible, based on the design features of vibratory system. Vibration system of these dispersants is designed to operate on a strictly defined load on the melt (flow rate). Melt flow rate change entails rejection of the vibratory system. This leads to the spontaneous decay of the jets. Stable operation of hydroacoustic vibratory system to obtain monodispersed granules can load changes  $\pm 15\%$  of the nominal.

Pneumatic vibrators also have significant drawbacks. To operate the vibrator resonator which it is tuned to a fixed value. This makes it impossible to regulate the size of the droplets when the load changes.

To increase the degree of monodispersity of pellets in a load change must be managed forcing frequency oscillations. Therefore, an object of study in this paper - a modified dispersant with electromagnetic vibrator.

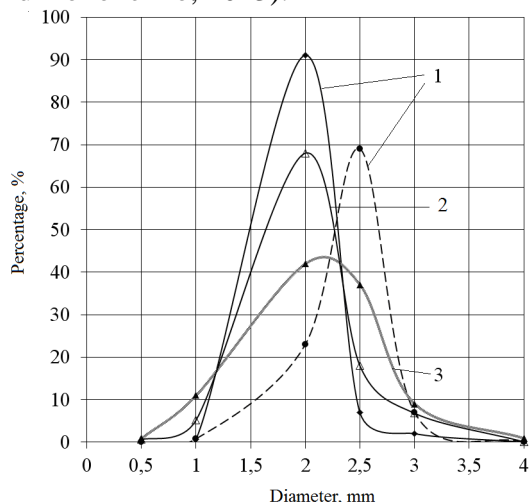
Electromagnetic vibrator consists of a special generator frequency with the control unit and the vibration transducer (actuator). Special frequency generator designed to generate a predetermined signal frequency and amplitude of vibration on the converter, under the influence of the magnetic field results in reorientation of the lattice of the alloy material of the core, whereby the core changes its length. Vibration system can automatically control the frequency of vibration, depending on the load changes on the dispersant, change the average size of the granules obtained in the product range  $\pm 0.25$  mm, depending on climatic conditions and requirements for the fractional composition. The results of particle size distribution of the product obtained in the various types of dispersants shown in Fig.4. Modified dispersant RVG with electromagnetic vibratory product will provide the following grain size distribution: the fraction of granules less than 1.0 mm - 0.02-0.2%, the fraction of granules 2.0-4.0 mm - more than 96%, while the share of granule fraction 2, 0-2.5 mm - no less than 88%, grain size of the main fraction - 2.1-2.5 mm. As the frequency of vibration dispersant provides a product with the main fraction of granules of 2.5-3.0 mm 65% while increasing the strength of the main fraction of granules.

When testing the modified dispersant RVG was a significant reduction in the content of ammonium nitrate dust in the air, which is discharged from the tower. This figure is at an axial fan from 22 to 48 mg / m<sup>3</sup>, with average values of 22 to 38 mg / m<sup>3</sup>. Disabling vibration system resulted in an increase of the dust in the air fertilizers 1.5.

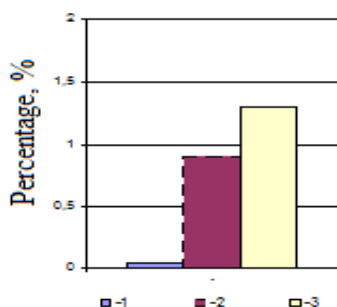
The retrofit dispersant RVG allowed to produce a product with a content of 2.5-4.0 mm granule fraction of at least 75%, when the content of the fraction of particles less than 2.0 mm 0.8 to 3.0%.

Researches were carried out in an industrial environment. The experimental results showed that the modified dispersant RVG with electromagnetic vibrator has enhanced monodispersity resultant product and reducing it in the dust-forming content of particles smaller than 1.0mm and more than 3.2 mm. Comparative data on the content of the

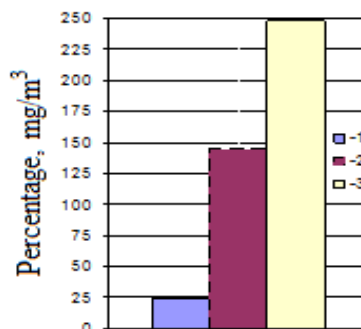
mass fraction of granule size of less than 1.0 mm in the product that is discharged from the tower when using dispersants of different designs, are shown in fig. 5 (Artyukhov and Kononenko, 2013).



**Fig. 4.** Fractional composition of granules of ammonium nitrate: 1 - modified dispersant RVG with electromagnetic vibratory system frequency at 320Hz and 400 Hz; 2 - dispersant RVG with pneumatic vibratory system; 3 - static dispersant by Scientific Research Institute of chemical machinery design with acoustic vibratory.



**Fig. 5.** Mass fraction of granules less than 1.0 mm in the final product: 1 - a modified dispersant RVG with electromagnetic vibratory system; 2 - dispersant RVG with pneumatic vibratory system; 3 - static dispersant by Scientific Research Institute of chemical machinery design with acoustic vibratory system.



**Fig. 6.** The average content of ammonium nitrate dust in the exhaust air from the tower: 1 - modified dispersant RVG with electromagnetic vibratory system; 2 - dispersant RVG with pneumatic vibratory system; 3 - static dispersant by Scientific Research Institute of chemical machinery design with acoustic vibratory system.

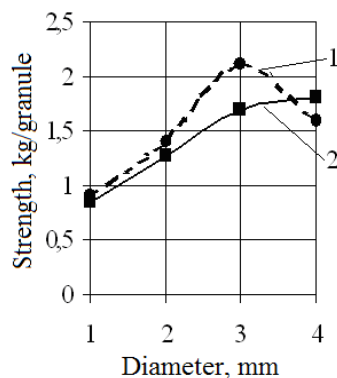
Comparative data on the content of ammonium nitrate dust in the air that is discharged from the tower, with the various types of dispersants are shown in fig. 6 (Sklabinskyi et al., 2013).

Fig. 7 shows the strength characteristics of the comparative granules which are obtained using various granulating and various designs of vibrators. The strength of the granules using a granular design RVG (developer - Sumy State University) turned out higher. This is due to the greater monodispersity and better conditions for the heat transfer and the formation of granules.

Research has shown that the installation of the dispersant type RVG allows:

- vary the diameter of the spray from 3 m to 7 m;
- by increasing the pitch between the holes, reduce the probability of a droplets collision of the melt at the expiration of the holes;
- lower level (head) of the melt in the disperser, reduce the speed of its expiration and reduce the heat load on the tower.

Application of dispersant RVG also possible in single layer vortex granulator (SLVG). Currently developed design solutions that combine two methods of intensification of

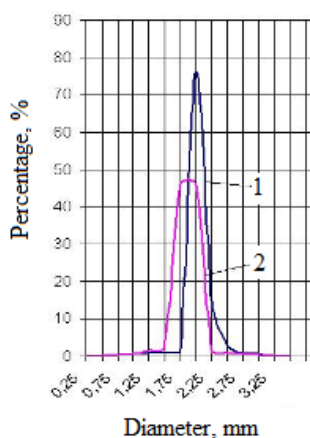


**Fig. 7.** Dependence of the strength of the granular diameter: 1 - modified dispersant RVG with electromagnetic vibratory system; 2 - static dispersant by Scientific Research Institute of chemical machinery design with an acoustic vibratory system.

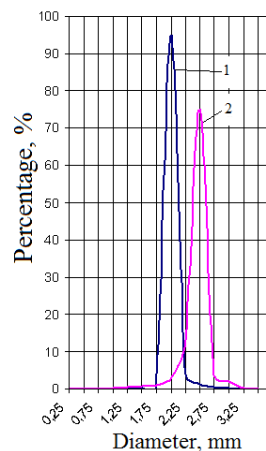
heat and mass transfer processes - vibration effects and vortex flows (Artyukhov et al., 2008). Dispersants type RVG have reliable vibration system, which provides stable overlay fluctuations in the liquid jet flowing out of the holes of the perforated shell, regardless of changes in load on the dispersant on afloat. This allows the vibratory level measurement in the melt priller and thereby control the degree of clogging and the exhaust velocity of the melt from the holes of the perforated shell.

Similar results on the size distribution of the product were obtained on a modified dispersant type RVG with electromagnetic vibratory producer of ammonium nitrate in tropical conditions in Cuba (fig. 7) and urea with foaming addition of hydro humates (fig. 9). With commercial operation of this equipment in a month consistently give the product the following granule-metric composition

(mass fraction, on the example of urea): granule size of less than 1.0 mm - 0.1-0.3%, 1.0-4.0 mm size granules - 99,7-99,9%; granules of 2.0-4.0 mm - 96,5-98,9%, granule size greater than 4.0 mm - are absent.



**Fig. 8.** Fractional composition of granules of ammonium nitrate produced in the dispersant-modified with an electromagnetic vibratory RVG in the production of ammonium nitrate in the tropical natural conditions



**Fig.9.** Fractional composition of urea granules obtained on a modified disperser RVG with electromagnetic vibratory in the production of fertilizers with hydrohumates.

## Conclusions

The use of dispersants RVG with vibration unit helps to improve the quality of the nitrogen fertilizers, improve product quality and reduce emissions. Their operation can reduce the energy costs of production due to a significant decrease in the proportion of dust from exhaust air to the atmosphere.

Modified dispersant RVG has the following advantages over other granulator types:

1) High safety in operation; 2) Production of more competitive uniform granules; 3) Removal of product's sticking in towers; 4) Decrease of dust arising; 5) Increase of agro-technical value of fertilizers.

Modified dispersants RVG for ammonium nitrate and carbamide are produced in Sumy State University and operate on nitrogen fertilizer plants in Bulgaria, Estonia, Qatar, Cuba, Poland, Republic of Belarus, Russian Federation, Tajikistan, Uzbekistan, Ukraine and other countries.

Table 1 shows the comparison analysis of granulometric composition of the final product in the different types of dispersants.

Table 1. Comparison with world analogs by granulometric composition, %

Granule size, mm	Centrifugal dispersant of firm "Kreber" (Germany)	Acoustic dispersant designed by Scientific Research Institute of chemical machinery (Russia)	Dispersants RVG (Sumy State University)
1-4 mm	97-99	98-99	more than 99
2-4 mm	83-92	85-95	90-97
2-3 mm	75-90	80-90	more than 90
2-2,5 mm	40-50	45-65	more than 80
less than 1 mm	0,8-2,5	0,8-1,5	0,1-0,8

## References

- Artyukhov, A.; Kononenko, M. (2013). Analysis of the results of industrial implementation of the rotating oscillating granulator in ammonium nitrate aggregates. Bulletin of the Sumy State University, 1: 35-41.
- Artyukhov, A. ; Sklabinskyi, V. (2012). Production of granules with special properties in small-sized vortex devices. Modern scientific research and their practical application, J31207: 138-147.
- Artyukhov, A. ; Sklabinskyi, V.; Stetsenko, A. (2012). Device for granulation of liquid material. Patent No 29950, Ukraine.
- Cheblakov, N.; Sergeyev, Y.; Soldatov, A. (2010). Prilled and granular urea: properties and prospects. Gas Chemistry, 11: 14-20.
- Chernyshev, A. ; Levin, B.; Tugolukov, A. (2009). Ammonium nitrate: properties, production, use. Chemistry, 544 p.
- Nakamura, S. (2007) The TOYO Urea Granulation Technology: The Challenges and Achievements in Producing Urea Granules. 20th AFA International Annual Technical Conference «Fertilizers Industry: Technology Development & Environmental Protection»: 1-14.
- Nitrogenous Fertilizers Market. (2014) <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/nitrogenous-fertilizers-market-243341881.html>
- Sklabinskyi, V.; Artyukhov, A.; Kononenko, M. (2013). Environmental aspects implementation of high-granulation equipment for the production of nitrogen fertilizers. International Journal of Sustainable Development, 13: 10-16.
- Sklabinskyi, V.; Kononenko, M.; Skidanenko, M. (2013). The effectiveness of the implementation of the modernized industrial rotating oscillating granulator in aggregates of ammonium nitrate production. Chemical Industry of Ukraine, 5: 32-35.

## 05TCQ - ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DE ORO DESDE SOLUCIONES DE TIOSULFATO DE AMONIO

CAROPRESE, M. E.; MEISSEL, R. J.; LARA, R. F.; QUINZANO, V. A.

Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Av. San Martín 1109 oeste – (5400) San Juan. Argentina.

E-mail: [rmeissl@unsj.edu.ar](mailto:rmeissl@unsj.edu.ar).

### 1. Resumen

Se evaluó la recuperación de oro de soluciones de tiosulfato de amonio mediante electrólisis y cementación con polvo de cinc. Se analizaron los aspectos termodinámicos de los sistemas involucrados y se calculó el coeficiente de transferencia de masa del oro en la electrólisis.

Se obtuvieron elevadas recuperaciones de oro con ambos métodos, resultando 92,1% para la electrólisis y 96,7% para la cementación. El cobre se co-precipitó en ambos casos con el oro, lo que constituye un inconveniente porque el ion cúprico es el oxidante en el proceso de lixiviación de oro.

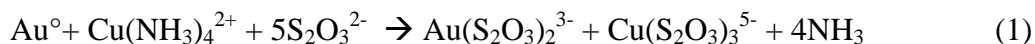
Los datos experimentales de la electrólisis se ajustaron a un modelo  $C=f(t)$ , con  $R^2$  mayor a 0,94. Esto permitió el cálculo del coeficiente de transferencia de masa del oro, que resultó  $0,80 \times 10^{-6}$  m/s.

Los resultados de la cementación con cinc permitieron validar la información brindada por los diagramas Eh-pH de los sistemas Cu-N-S-H<sub>2</sub>O y Au-N-S-H<sub>2</sub>O, que fueron construidos para las condiciones en que se realizaron las experiencias.

### 2. Introducción

#### 2.1. Generalidades

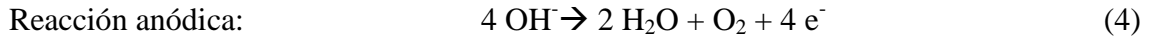
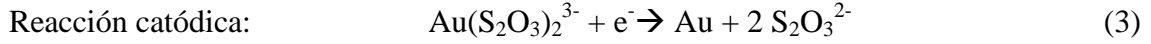
La lixiviación de oro desde concentrados y/o minerales usando soluciones de tiosulfato de amonio ha sido estudiada como alternativa al proceso de cianuración. Este reactivo, es tan efectivo como el cianuro, pero aún no se han logrado aplicaciones industriales ya que presenta dificultades inherentes a la química de la solución y a los métodos de recuperación del oro desde las soluciones de lixiviación (Aylmore y Muir, 2001). En la disolución del oro, el tiosulfato y el amonio actúan como agentes complejantes y el ion cúprico como agente oxidante, ocurriendo las siguientes reacciones:



Una vez que el oro ha sido lixiviado, puede ser recuperado de la solución por varias técnicas: electrólisis directa, cementación, extracción por solvente, adsorción en carbón activado y adsorción en resinas (Grosse et al., 2003). En el caso de las tres últimas técnicas, el oro debe ser extraído a una solución acuosa y recuperado por electrólisis.

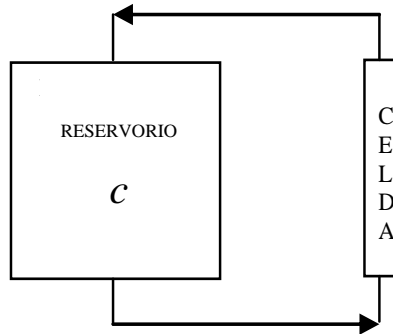
## 2.2. Electrólisis directa

La electrólisis directa resulta atractiva puesto que el oro es recuperado de la solución de lixiviación, sin necesidad de ninguna etapa de purificación intermedia. Las reacciones principales que ocurren en este proceso son (Abbruzzese et al., 1995):



Se producen otras reacciones de oxidación y reducción de especies asociadas al tiosulfato. También puede ocurrir la co-deposición de otros metales de la solución.

En el proceso de electrólisis, el coeficiente de transferencia de masa del oro, puede ser calculado suponiendo que el sistema electroquímico, se ajusta al modelo mostrado en la Figura 1 (Meissl et al.; 2014).



**FIGURA 1.** Modelo de recirculación batch.

En este modelo, se asumen las siguientes condiciones: la celda electroquímica se comporta como un reactor flujo pistón ideal, el reservorio como un reactor mezcla perfecta y el proceso es controlado únicamente por transferencia de masa. La ecuación que representa este modelo es la siguiente (Walker y Wragg, 1977):

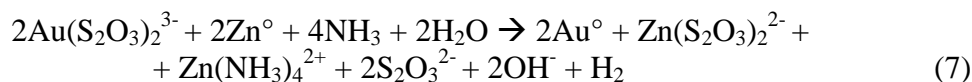
$$\frac{C}{C_o} = e^{-\left[1 - \frac{1}{1 + \frac{KAaL}{Q}}\right] \frac{t}{\tau}} \quad (5)$$

$$\tau = \frac{V_r}{Q} \quad (6)$$

Dónde:  $C$  (mg/L) es la concentración en el reservorio en el tiempo  $t$ ,  $C_o$  (mg/L) es la concentración inicial,  $K$  (m/s) es el coeficiente de transferencia de masa,  $A$  ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) es el área superficial específica,  $a$  ( $\text{m}^2$ ) es el área transversal del cátodo,  $L$  (m) es la longitud del cátodo,  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) es el flujo volumétrico,  $\tau$  (s) es el tiempo de residencia y  $V_r$  ( $\text{m}^3$ ) es el volumen del reservorio (o de la solución).

### 2.3. Cementación

La cementación de oro desde soluciones de tiosulfato amoniacal, es una reducción química que ocurre sobre la superficie de las partículas de algunos metales. La reacción de cementación con cinc es la siguiente: (Navarro et al., 2004) (Arima et al.; 2002):



### 3. Objetivos

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la electrólisis directa de oro y la cementación en términos de recuperación de oro, analizar los aspectos termodinámicos de los sistemas involucrados y calcular el coeficiente de transferencia de masa del oro.

### 4. Metodología experimental

#### 4.1. Diagramas Eh-pH

Los diagramas Eh-pH se construyeron empleando el software Outokumpu HSC Chemistry 6. Las condiciones fueron 25° C y 1 atm.

#### 4.2. Electrólisis

El dispositivo experimental se presenta en la Figura 2. Los ensayos se realizaron con recirculación de solución. La celda consta de dos ánodos planos de acero inoxidable 316 y de un cátodo de lana de acero. En la Tabla 1, se muestran los parámetros del sistema electrolítico. Se tomaron muestras de solución del reservorio, a diferentes tiempos, para determinar oro y cobre.

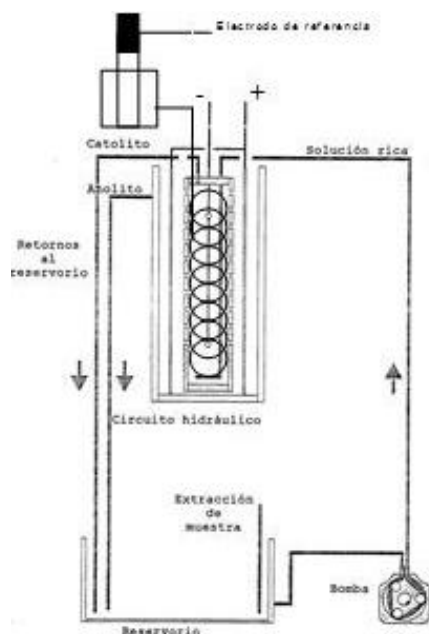
#### 4.3. Ensayos de cementación

Los ensayos de cementación con cinc se realizaron en un reactor agitado con 0,3 L de solución aurífera de tiosulfato de amonio. Se adicionó de 0,5 g de polvo de cinc y se agitó durante 20 min a 200 rpm. Se tomaron muestras de solución a diferentes tiempos, para analizar oro, cobre y cinc. Se empleó polvo de cinc de tamaño 98% pasante 44 µm.

#### 4.4. Soluciones y determinaciones analíticas.

Las soluciones se prepararon sintéticamente a partir de oro fino, título 9999, empleando como reactivos  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  y  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (grado analítico). La solución empleada en los ensayos fue  $2,5 \times 10^{-5}$  M Au,  $5 \times 10^{-3}$  M Cu, 1 M  $\text{NH}_3$  y 0,5 M  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ . Los metales en solución fueron analizados por ICP (equipo Perkin Elmer Optima 7300 DV). El tiosulfato fue determinado por iodometría.

Además se emplearon para otras mediciones un pHmetro HANNA HI221, un oxímetro WTW Oxi 330/Set y un medidor de potencial HANNA HI3131.



**TABLA 1.** Parámetros del sistema electrolítico.

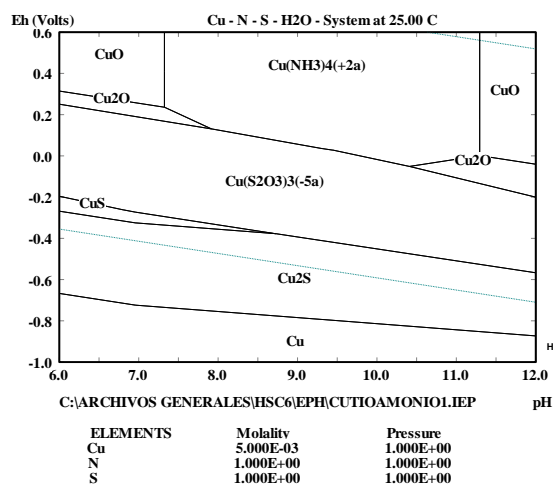
pH	10,8
Voltaje de celda	1,8 V
Intensidad de corriente	0,75 A
Volumen del reservorio ( $V_r$ )	$4,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Área superficial específica ( $A$ )	$4950 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Área transversal del cátodo ( $a$ )	$6,60 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Longitud del cátodo ( $L$ )	$1,29 \times 10^{-1} \text{ m}$
Flujo volumétrico ( $Q$ )	$1,66 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
Velocidad del fluido	$2,51 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

**FIGURA 2.** Dispositivo experimental.

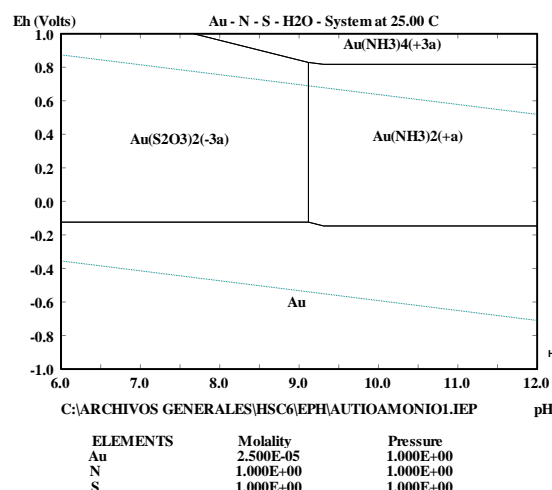
## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Diagramas Eh-pH

En las Figuras 3 y 4, se muestran los diagramas Eh-pH para los sistemas Cu-N-S-H<sub>2</sub>O y Au-N-S-H<sub>2</sub>O, para las condiciones en que se realizaron las experiencias.



**FIGURA 3.** Diagrama Eh-pH del sistema Cu-N-S-H<sub>2</sub>O.



**FIGURA 4.** Diagrama Eh-pH del sistema Au-N-S-H<sub>2</sub>O.

El diagrama Eh-pH del sistema Cu-N-S-H<sub>2</sub>O (Figura 3), muestra que a pH = 10,8 y a potenciales menores a -0,9 V se obtiene Cu<sup>0</sup> como producto final de la reducción del complejo (Cu(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)<sup>5-</sup>. Como el modelo representado por la ecuación (5) supone que el proceso de electrolisis sea controlado únicamente por transferencia de masa, se debe trabajar a potenciales de celda elevados para asegurar que el proceso no sea controlado

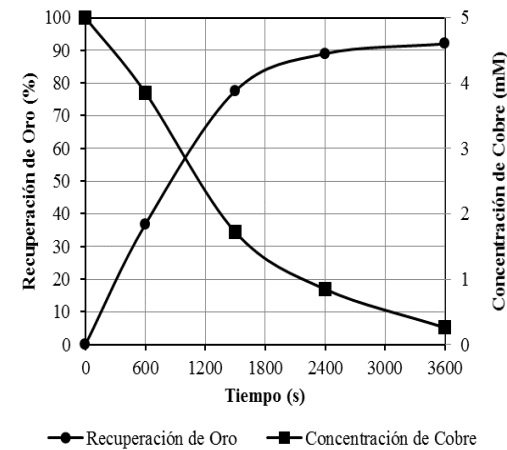


por transferencia de carga. En estas condiciones, podría ocurrir la co-deposición del cobre.

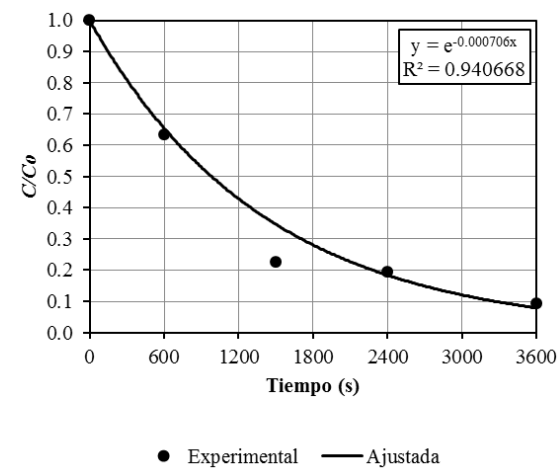
En el diagrama Eh-pH del sistema Au-N-S-H<sub>2</sub>O (Figura 4) se observa que a pH = 10,8, el Au<sup>0</sup> se obtiene a potenciales menores a -0,15

### 5.2. Electrólisis

En la Figura 5 se muestra la curva de recuperación de oro y la concentración de cobre en la solución vs. tiempo. La Figura 6 presenta curva de concentración normalizada de oro vs. tiempo, experimental y ajustada, respectivamente.



**FIGURA 5.** Recuperación de oro y concentración de cobre vs. tiempo.



**FIGURA 6.** Concentración normalizada de oro vs. tiempo.

En la Tabla 2 se presenta el cálculo del coeficiente de transferencia de masa del oro. Los datos experimentales se ajustaron con una ecuación de la forma  $C/C_o = e^{-bt}$ . Con esta ecuación y los parámetros de la Tabla 1, se calculó  $K$ .

**TABLA 2.** Cálculo del coeficiente de transferencia de masa del oro.

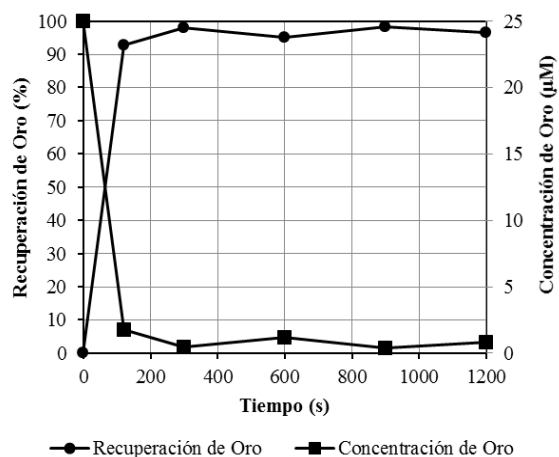
Ecuación ajustada	$C/C_o = e^{-0,000706 t}$
Tiempo de residencia ( $\tau$ )	240,96 s
Coeficiente de transferencia de masa del oro ( $K$ )	$0,8002 \times 10^{-6}$ m/s

Se obtuvo una recuperación final de oro (92,1%) y se confirmó la co-precipitación del cobre, obteniéndose una concentración final de 0,25 mM Cu (Figura 5).

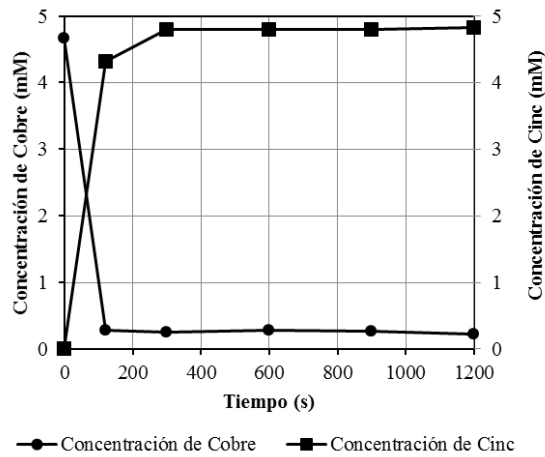
Los datos experimentales se ajustaron al modelo empleado (ecuación 5) con  $R^2$  mayor a 0,94 (Figura 6). El valor del coeficiente de transferencia de masa del oro (Tabla 2) está en el mismo orden que el obtenido por otros autores (Brandon et al., 1987) para la electrodeposición de oro de soluciones cianuradas, el cual resultó  $1,3 \times 10^{-6}$  m/s para una velocidad del fluido de  $4,80 \times 10^{-3}$  m/s.

### 5.3. Cementación

En la Figura 7 se presenta la recuperación y concentración de oro vs. tiempo. La Figura 8 muestra como varía la concentración de cobre y cinc en función del tiempo. Ambas figuras confirman que el cinc es capaz de cementar tanto el oro como el cobre de la solución.



**FIGURA 7.** Recuperación de oro y concentración de oro vs. tiempo.



**FIGURA 8.** Concentración de cobre y cinc vs. tiempo.

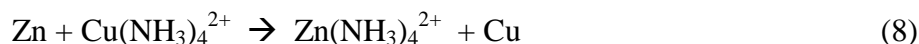
En la Tabla 3 se pueden observar los valores iniciales y finales de algunos parámetros medidos durante el ensayo.

**TABLA 3.** Valores iniciales y finales de algunos parámetros.

Parámetro	Inicial	Final
Tiempo (s)	0	1200
Potencial (V/ENH)	0,15	-0,91
pH	10,8	10,8
Concentración de oxígeno disuelto (mg/L)	0,25	0,20

La curva de recuperación vs. tiempo (Figura 7) muestra una rápida cinética de cementación del oro. A los 120 s la recuperación resultó 92,8% y la final fue 96,7%.

Las curvas de concentración de cobre y cinc en función del tiempo (Figura 8) muestran que mayoritariamente el cinc disuelto se originó en la precipitación del cobre, ya que las cantidades disueltas y precipitadas son prácticamente equimolares. Esto podría deberse a la siguiente reacción de cementación del cobre:



Los valores iniciales y finales del potencial y del pH (Tabla 3), validan la información brindada por los diagramas Eh-pH. Los valores iniciales de Eh = 0,15 V y pH = 10,8 corresponden a zonas de los diagramas de los sistemas Cu-N-S-H<sub>2</sub>O y Au-N-S-H<sub>2</sub>O (Figuras 3 y 4) donde el cobre y el oro permanecen en solución como complejos. Los valores finales de Eh = -0,91 V y pH = 10,8 corresponden a zonas de los diagramas

donde el cobre y el oro están en estado metálico, tal como aparecen precipitados sobre las partículas de cinc.

## 5. Conclusiones

La electrólisis y la cementación con cinc demostraron ser eficientes para reducir el oro de las soluciones de tiosulfato de amonio. Con ambos métodos se obtuvieron recuperaciones superiores al 92%. El principal inconveniente es que también precipitan de la solución el cobre, que en su estado cúprico, es el oxidante del proceso de lixiviación del oro.

Los datos experimentales de la electrólisis se ajustaron a un modelo  $C=f(t)$  con  $R^2$  mayor a 0,94. Esto permitió el cálculo del coeficiente de transferencia de masa del oro, que resultó  $0,80 \times 10^{-6}$  m/s.

Los resultados de la cementación con cinc permitieron validar la información brindada por los diagramas Eh-pH de los sistemas Cu-N-S-H<sub>2</sub>O y Au-N-S-H<sub>2</sub>O, que fueron contruidos para las condiciones en que se realizaron las experiencias. El mayor consumo de polvo de cinc se debió a la reducción del cobre, cuya reacción de cementación resultó equimolar con el cinc.

## 6. Bibliografía

- Abbruzzese, C.; Fornari, P.; Massidda, R.; Veglio, F.; Ubaldini, S. (1995). Thiosulfate leaching for gold hydrometallurgy. *Hydrometallurgy* 39, 265-276.
- Arima, H.; Fujita, T.; Yen, W. (2002). Gold cementation from ammonium thiosulfate by zinc, copper and aluminium powders. *Materials Transactions*, 43 (3), 485-493.
- Aylmore, M.G.; Muir, D.M. (2001). "Thiosulfate leaching of gold-a review", *Minerals Engineering*, 14, 135-174.
- Brandon, N.P.; Mahmood, M.N.; Page, P.W.; Roberts, C.C. (1987). The direct electrowinning of gold from leach liquors. *Hidrometallurgy*, 18, 305-319.
- Grosse, A.C.; Dicinoski, G.W.; Shaw, M.T.; Haddad, P.R. (2003). Leaching and recovery of gold using ammoniacal thiosulphate leach liquors (a review). *Hydrometallurgy* 69, 1-21.
- Meissl, R.J.; Quinzano, V.A.; Caroprese, M.E.; Gomez Guirado R.R. (2014). Electrólisis de oro de soluciones diluidas de tiosulfato de amonio. *Actas XII Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales*, 283-288, San Luis, Argentina.
- Navarro, P.; Alvarez, R.; Vargas, C.; Alguacil, F.J. (2004). On the use of zinc for gold cementation from ammoniacal-thiosulphate solutions. *Minerals Engineering*, 17, 825-831.
- Walker A.T.; Wragg, A.A. (1977). The modelling of concentration-time relationships in recirculating electrochemical reactors systems. *Electrochimica Acta*, 22, 1129-1134.

## **06TCQ - MEZCLAS BINARIAS ADSORBIDAS: APROXIMACIONES TEÓRICAS Y SIMULACIÓN**

**SANCHEZ VARRETTI, F. O.; GARCÍA, G. D.**

**Grupo de Físico Química de Sistemas Complejo, GFQSC.**

**Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.**

[fsanchez@frsr.utn.edu.ar](mailto:fsanchez@frsr.utn.edu.ar)

### **Resumen**

A través de los siglos las personas han estado intrigadas por las superficies de los líquidos y los sólidos. Además que los sólidos tienen la capacidad de retener grandes cantidades de gases o vapores condensables (Somorjai, 1972; Gregg y Sing, 1982). Es por este y otros motivos que la físicoquímica de superficies encuentra aplicación en muchas tecnologías de uso industrial como en alimentos, medicamentos y en un gran número de otras ramas industriales. Estas actividades resultan en la emisión a la atmósfera de gases como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{H}_2\text{S}$  entre otros. Estos gases traen aparejados problemas al medio ambiente como la lluvia ácida, corrosión, disminución de la capa de ozono e incremento de la toxicidad del aire. Para avanzar en la solución de estos problemas es de particular importancia la caracterización de los nuevos materiales. A su vez es vital contar con herramientas, tanto experimentales como teóricas para comprender el fenómeno. Es por todo esto que se hace imprescindible el desarrollo de modelos teóricos cada vez más refinados, capaces de dar cuenta de las principales propiedades tanto del adsorbato como del adsorbente, de las interacciones que existen entre los mismos y de las estructuras subyacentes en la fase adsorbida.

### **1. Introducción**

La descripción teórica de la adsorción es un problema complejo de la ciencia de superficies que data de muchos años y que en el presente no tiene aún una solución general (Gregg y Sing, 1982; Clark, 1970; Steele 1974; Adamson 1990). Además la adsorción sobre superficies ve incrementada su complejidad debido a la gran generalidad que presenta y a las interacciones involucradas (Hill, 1960; Rudzinski y Everett 1992). A pesar de que el problema de las interacciones está muy lejos de ser resuelto, una cantidad importante de modelos y aproximaciones han sido desarrolladas en el marco de modelos simplificados de adsorción en una o varias capas.

En 1916, Langmuir (Langmuir, 1916), pionero en estudios sobre adsorción en superficies, propuso un modelo de gas de red muy simple para describir la adsorción en monocapa. Tres suposiciones básicas caracterizan al modelo: las moléculas no interactúan lateralmente entre sí, pueden ocupar sólo un sitio de la red (monómeros) y no está permitido que se apilen unas sobre otras para formar capas de adsorción superiores (la adsorción está restringida a la monocapa).

En 1938 Brunauer, Emmett y Teller (BET) (Brunauer et al. 1938) basándose en la teoría de Langmuir, propusieron un modelo de adsorción en multicapa que ha sido utilizado con gran éxito hasta nuestros días. Aunque en esta nueva teoría las moléculas sólo pueden adsorberse en un sitio, está permitido que se “apilen” unas sobre otras para que formen la multicapa. Al igual que en el modelo de Langmuir, no se consideran

interacciones laterales. No obstante, el modelo tiene en cuenta la energía de adsorción de las moléculas tanto en la monocapa como en las capas superiores.

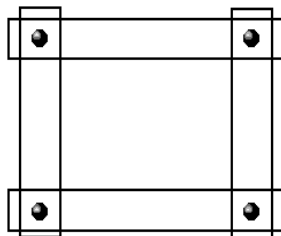
Cuando las moléculas del adsorbato pueden ocupar más de un sitio de red, decimos que la adsorción es con múltiple ocupación de sitios. La solución dada por Flory y Huggins es una generalización de la aproximación de Bragg-Williams (Steele 1974) (campo medio) y sólo es válida para describir la adsorción de grandes moléculas sobre sustratos homogéneos. Una generalización de la isoterma de BET en la cual se consideran interacciones laterales entre las moléculas del adsorbato fue propuesta por Hill (Rudzinski y Everett 1992). En este modelo sólo interactúan las partículas que se encuentran en la monocapa.

Trabajos recientes de Rinaldi et al. (Rinaldi et al. 2008) analizan el proceso de adsorción de mezclas binarias interactuantes de gases que contienen dos tipos distintos de partículas sobre redes triangulares, todo esto a través de simulación de Monte Carlo en el marco del modelo de gas de red. Recientemente, García (García et al. 2012) obtuvieron el diagrama de fase que caracteriza la transición que ocurre en sistemas monoméricos interactuantes. Veamos a continuación dos aproximaciones teóricas que nos permitirán modelar la adsorción de mezclas binarias.

## 2. Aproximaciones teóricas

### 2.1. Modelo de Gas de Red de monómeros interactuantes en dos dimensiones: Aproximación Cuasi-Química

La Aproximación Cuasi-Química es significativamente mejor que la de Bragg-Williams. La esencia de la misma está en tratar a los pares de sitios vecinos cercanos como independientes unos de otros, lo que no es cierto ya que éstos pueden solaparse, ver figura 1 como ejemplo.



**Figura 1** cuatro pares de sitios solapados.

Aproximaremos la función  $\Omega(N, M, N_{01})$ , asumiendo que cada par de sitios es independiente y puede ser ocupado de cuatro maneras posibles:

11, 01, 10 y 00; el número total de pares de sitios es  $zM/2$ . Para  $N$ ,  $M$ , y  $N_{01}$ , el número de pares de cada tipo es:

Número de pares 11 =  $N_{11} = zN/2 - N_{01}/2$ .

Número de pares 01 =  $N_{01}/2$ .

Número de pares 10 =  $N_{01}/2$ .

Número de pares 00 =  $N_{00} = z(M-N)/2 - N_{01}/2$ .

Como los pares son independientes unos de otros, cada par en la red puede ser asignado a una de estas cuatro categorías. El número de formas de hacer esto es:

$$\tilde{\Omega}(N, M, N_{01}) = \frac{(z \frac{M}{2})!}{[(z \frac{N}{2}) - (\frac{N_{01}}{2})]! \{ [z \frac{(M-N)}{2}] - (\frac{N_{01}}{2}) \}! [(\frac{N_{01}}{2})]! 2!}. \quad (1)$$

Este número no puede ser igual a  $\Omega(N, M, N_{01})$  pues no cumple con la condición:

$$\sum_{N_{01}} \tilde{\Omega}(N, M, N_{01}) = \frac{M!}{N!(M-N)!}. \quad (2)$$

Ello se debe a que muchas de las configuraciones que estamos contando no son posibles. De esta manera  $\tilde{\Omega}$  sobrecuenta el número de configuraciones. Por lo tanto debemos normalizarla; con  $\alpha = N_{01}^*/zM$ . Haciendo simple álgebra es posible obtener la isoterma de adsorción en la aproximación cuasi-química:

$$\begin{aligned} y &\equiv \lambda q e^{-\frac{z\omega}{2k_B T}} = \left( \frac{1-\theta}{\theta} \right)^{z-1} \left( \frac{\theta - \alpha}{1 - \theta - \alpha} \right)^{z/2} \\ &= \left[ \frac{(\beta - 1 + 2\theta)(1 - \theta)}{(\beta + 1 - 2\theta)\theta} \right]^{z/2} \frac{\theta}{1 - \theta} \end{aligned} \quad (3)$$

Las suposiciones enunciadas y utilizadas, a pesar de ser pocas y simples, nos han dado una ecuación que representa bastante bien la adsorción observada experimentalmente. Ha sido muy ampliamente utilizada durante muchos años debido a que no introduce demasiados errores a la hora de obtener resultados a partir de datos experimentales. Normalmente es deseable conocer el valor real del área específica de un sólido antes de que si posee un área superficial mayor o menor que otro sólido de referencia. Por este motivo es deseable introducir algunas complejidades (interacciones laterales por ejemplo) con el fin de representar y caracterizar en forma más precisa las superficies estudiadas.

## 2.2. Aproximación de Racimo

La suposición fundamental en que se sustenta la aproximación de racimo es que el sistema puede ser considerado como la repetición de pequeños subsistemas idénticos. La aplicación de dicha aproximación puede ser esquematizada de la siguiente manera:

**a)** se construye una imagen de la red inicial a través de su subdivisión en un conjunto de “racimos” donde cada racimo es un subconjunto de sitios.

**b)** para cada racimo se construye un sistema de exacto de ecuaciones, en base a las probabilidades de aparición de cada posible configuración de partículas.

**c)** se cierra el conjunto de ecuaciones, teniendo en cuenta la distribución original de los racimos sobre la red inicial. Luego, la construcción de la función de partición de uno de tales subsistemas (racimo) se lleva a cabo identificando todas sus configuraciones posibles, lo cual posibilita la determinación de las cantidades termodinámicas de interés. En el caso de un problema enmarcado en el contexto del gas de red, el racimo estará constituido un arreglo de  $M_C$  sitios adsorptivos con condiciones de borde periódicas, alojando  $N_C$  partículas adsorbidas. Esto define el cubrimiento  $\theta_C$  del racimo,  $\theta_C = N_C/M_C$ , que se supone es “aproximadamente” igual al cubrimiento superficial  $\theta$ .

Consideremos entonces el caso general, partículas interactuantes y heterogeneidad superficial. La contribución a la función de partición gran canónica del sistema,

correspondiente a cierta configuración de la fase adsorbida (que denotamos por  $i$ ) está dada por la siguiente expresión:

$$S_i = \exp \left\{ \frac{1}{k_B T} \left[ \sum_k [N_{C,k}(\mu + \epsilon_k) - W] \right] \right\} \quad (4)$$

donde  $N_{C,k}$  representa la cantidad de partículas adsorbidas en sitios de energía de adsorción  $\epsilon_k$  en el racimo, en tanto que  $w$  simboliza la contribución a la energía total del sistema, proveniente de las interacciones laterales sobre el racimo. La isoterma de adsorción puede ser fácilmente evaluada, a través de la relación:

$$\theta_C(\mu) = M_C^{-1} S_T^{-1} \sum_i N_C(i) S_i, \quad (5)$$

donde  $N_C(i)$  es el número de partículas en el racimo para la configuración  $i$  y  $S_T$  la función de partición, dada por:

$$S_T = \sum_i S_i. \quad (6)$$

Es importante destacar que la aplicación de la aproximación de racimo está limitada por la eventual complejidad asociada a la determinación de todas las contribuciones al tener que contar todas las configuraciones posibles en el adsorbato con sus correspondientes degeneraciones y su contribución a la cantidad de interés. En algunos casos, la simulación de Monte Carlo y la Aproximación de Racimo pueden complementarse adecuadamente para optimizar el estudio de ciertos sistemas. Este es el caso por ejemplo, de la difusión de especies fuertemente interactivas, donde la aparición de metaestabilidades energéticas dificulta considerablemente la simulación computacional de isotermas de adsorción.

En la sección siguiente veremos los fundamentos de la simulación de Monte Carlo, base de los experimentos computacionales realizados en este trabajo.

### 3. Simulación numérica

Analizamos ahora el proceso de adsorción de mezclas binarias de gases interactuantes que contienen dos tipos de partículas, A y B, en un sustrato bidimensional. Las energías implicadas en el proceso de adsorción son cuatro: (1)  $\epsilon_0$ , energía de interacción entre un monómero (tipo A o B) y un sitio de la red; (2)  $w_{AA}$ , energía de interacción entre dos vecinos más cercano para partículas del tipo A, (3)  $w_{AB} (= w_{BA})$ , energía de interacción entre una partícula A y una partícula vecina más cercana del tipo B y (4)  $w_{BB}$ , energía de interacción entre vecino más cercano de dos partículas B. El proceso se controla a través de isotermas parciales y totales, calores diferenciales de adsorción y la energía del sistema, y que aparecen como muy sensibles a todas las interacciones laterales.

Nos centramos en el caso de las interacciones laterales repulsivas, donde se observó una rica variedad de ordenaciones estructurales en la capa adsorbida, dependiendo del valor de los parámetros  $w_{AA}$ ,  $w_{AB}$  y  $w_{BB}$ .

En el marco de la aproximación de gas de red supondremos, al igual que en el caso de gases simples, que la superficie homogénea está representado por una red bidimensional de  $M = L \times L$  sitios de adsorción, con condiciones de contorno periódicas. El sustrato se

expone a una mezcla de gases ideales A-B, a la temperatura T y con potenciales químicos  $\mu_A$  y  $\mu_B$ .

Las partículas pueden ser adsorbidos sobre el sustrato con la restricción de un máximo de una partícula adsorbida por sitio y que sólo se consideran las energías de interacción a vecino más cercano (NN). Vamos a introducir la variable ocupación  $c_i$ . Los parámetros de la energía del modelo son:

- (A)  $\epsilon_0$ , energía de interacción entre un monómero (tipo A o B) y un sitio de la red.
- (B)  $w_{AA}$ , energía de interacción lateral entre un par A-A NN.
- (C)  $w_{BB}$ , energía de interacción lateral entre un par B-B NN.
- (D)  $w_{AB}$  ( $=w_{BA}$ ), energía de interacción lateral entre un par A-B NN.

Bajo estas consideraciones, la fase adsorbida se caracteriza por el Hamiltoniano:

$$H = \frac{1}{2} \sum_i^M \sum_{l \in \{NN, i\}} [w_{AA} \delta_{c_i, c_l, 1} + w_{BB} \delta_{c_i, c_l, -1} + w_{AB} (\delta_{c_i, 1} \delta_{c_l, -1} + \delta_{c_i, -1} \delta_{c_l, 1})] + \sum_i^M (\epsilon_A \delta_{c_i, 1} + \epsilon_B \delta_{c_i, -1}) - \sum_i^M (\mu_A \delta_{c_i, 1} + \mu_B \delta_{c_i, -1}), \quad (7)$$

donde  $\delta$  es la delta de Kronecker y  $l \in \{NN, i\}$  significa que para un sitio dado  $i$ , la suma corre sobre sus sitios vecinos más cercano. En esta contribución, el potencial químico de uno de los componentes se fija durante todo el proceso ( $\mu_B = 0$ ), mientras que el otro es variable. Además, nos centramos en el caso de las interacciones laterales repulsivas entre las partículas adsorbidas ( $w_{ij} > 0$ ), ya que, como veremos, para este caso aparecen las diferentes estructuras en la fase adsorbida. Finalmente,  $\epsilon_0$  se ajusta igual a cero, sin ninguna pérdida de generalidad. Se genera una configuración inicial de partículas adsorbidas para un valor dado de temperatura T y potenciales químicos  $\mu_A$  y  $\mu_B$ . Entonces se inicia un proceso de adsorción-desorción, donde un sitio es escogido al azar y se hace un intento de cambiar su estado de ocupación de acuerdo con el esquema de Metropolis de probabilidades.

Un paso Monte Carlo (MCS) se logra cuando los M sitios han sido probados para cambiar su estado de ocupación. El algoritmo básico para llevar a cabo un MCS durante la simulación se puede resumir de la siguiente manera:

- (i) Establecer el valor de  $\mu_A$ ,  $\mu_B$  y temperatura T.
- (ii) Establecer un estado inicial  $x_N$  colocando de forma aleatoria N moléculas en la red.
- (iii) Elegir al azar uno de los componentes de la mezcla  $\rightarrow X$  ( $X \equiv A$  o  $B$ ).
- (iv) Elegir al azar uno de los M sitios,  $i$  y generar un número aleatorio  $\xi \in [0, 1]$ 
  - (a) si el sitio  $i$  está vacío, y  $\xi < W_{ads}$ , entonces adsorber una partícula X en  $i$ , de lo contrario, la transición es rechazada.
  - (b) si el sitio  $i$  está ocupada por una partícula X, y  $\xi < W_{des}$ , a continuación, la molécula X se desorbe de  $i$ , de lo contrario, la transición se rechaza.
- (v) Repetir desde (iii) M veces.

$W_{ads}$  y  $W_{des}$  son las probabilidades de transición de un estado con N partículas a un nuevo estado con  $N + 1$  y  $N - 1$  partículas, respectivamente. Siguiendo el esquema de Metropolis, estas probabilidades son dadas por:



$$W_{i \rightarrow f} = [1, \exp(-\beta \Delta H)] \quad (8)$$

donde  $\Delta H = H_f - H_i$  es la diferencia entre los Hamiltonianos de los estados inicial y final, y  $\beta = 1/k_B T$ . La aproximación al equilibrio termodinámico se controla a través de las fluctuaciones en el número  $N$  de partículas adsorbidas. Los primeros  $m_0$  MCS se descartan con el fin de alcanzar el equilibrio, después de que los valores medios de las magnitudes termodinámicas, como isothermas totales y parciales se obtienen como promedios simples sobre  $m$  sucesivas configuraciones no correlacionadas:

$$\theta(\mu_A, \mu_B) = \frac{\langle N \rangle}{L^2} \quad \theta_A(\mu_A, \mu_B) = \frac{\langle N_A \rangle}{L^2} \quad \theta_B(\mu_A, \mu_B) = \frac{\langle N_B \rangle}{L^2} \quad (9)$$

donde  $\theta$ ,  $\theta_A$  y  $\theta_B$  son los cubrimientos superficiales totales y parciales, que se definen, respectivamente, como  $\theta = N/M$ ,  $\theta_A = N_A/M$ ,  $\theta_B = N_B/M$ ;  $\langle \dots \rangle$  denotan medias sobre las configuraciones estadísticamente correlacionadas.

#### 4. Resultados

La termodinámica de adsorción superficial de una mezcla binaria de gases sobre una topografía energética homogénea, en presencia de interacciones laterales en la fase adsorbida, es estudiada mediante aproximación cuasi química y aproximación de racimo donde se ha analiza su comportamiento a través de las isothermas de adsorción totales y parciales.

Los resultados obtenidos han sido comparados con simulaciones de Monte Carlo. El sistema que consiste en  $N$  moléculas adsorbidas sobre la red de sitios ( $N = N_A + N_B$ , siendo  $N_A$  [ $N_B$ ] el número de moléculas de las especies A [B]), a una determinada temperatura  $T$ . Se define la variable de ocupación  $c_i$ ;  $c_i = 0$  si el sitio  $i$  está vacío, y  $c_i = 1$  [2] si el sitio  $i$  está ocupado por una partícula A [B]. Con el fin de simplificar el análisis de todo el espacio de fase, que incluye una amplia gama de valores de  $w_{AA}/k_B T$ ,  $w_{BB}/k_B T$  y  $w_{AB}/k_B T$ , analizaremos los resultados obtenidos para tres casos diferentes: el primero trata de  $w_{AA}/k_B T > 0$  y  $w_{BB}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$ , el segundo trata de  $w_{BB}/k_B T > 0$  y  $w_{AA}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$ , y el tercero analiza el caso correspondiente a  $w_{AB}/k_B T > 0$  y  $w_{AA}/k_B T = w_{BB}/k_B T = 0$ .

Los casos en que dos o más interacciones son distintas de cero pueden ser entendidas como una combinación de los tres casos descritos en el párrafo anterior. Además, debido a que la superficie se supone que es homogénea, la energía de interacción entre las partículas adsorbidas y los sitios se coloca igual a cero por simplicidad,  $\varepsilon_A = \varepsilon_B = 0$ . Las diferencias entre los resultados numéricos y teóricos pueden ser racionalizadas con la ayuda de la siguiente definición de error relativo,  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \left| \frac{\theta^{teor} - \theta^{sim}}{\theta^{sim}} \right|_{\mu} \quad (10)$$

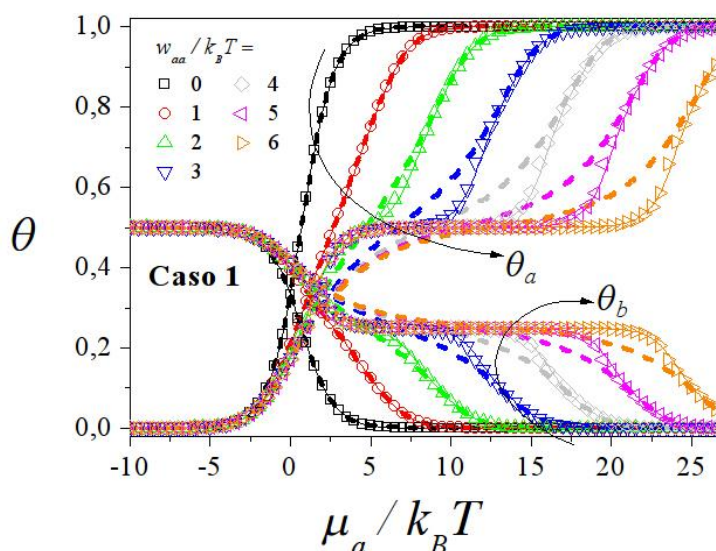
donde  $\theta^{sim}$  ( $\theta^{teor}$ ) representa el cubrimiento obtenido mediante el uso de simulación de Monte Carlo (enfoque analítico). Cada par de valores ( $\theta^{sim}$ ,  $\theta^{teor}$ ) se obtiene para un  $\mu$  fijo. También definimos el error integral  $\varepsilon^i$ ,

$$\varepsilon^i = \int_0^1 \varepsilon d\theta \quad (11)$$

que tiene en cuenta las diferencias entre los datos de simulación y los teóricos en todo el rango de cubrimiento.

**Caso 1:**  $w_{AA}/k_B T > 0$ ,  $w_{AB}/k_B T = w_{BB}/k_B T = 0$ .

En la figura 2 presentamos las isotermas parciales de  $w_{BB}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$  y varios valores de  $w_{AA}/k_B T$ .

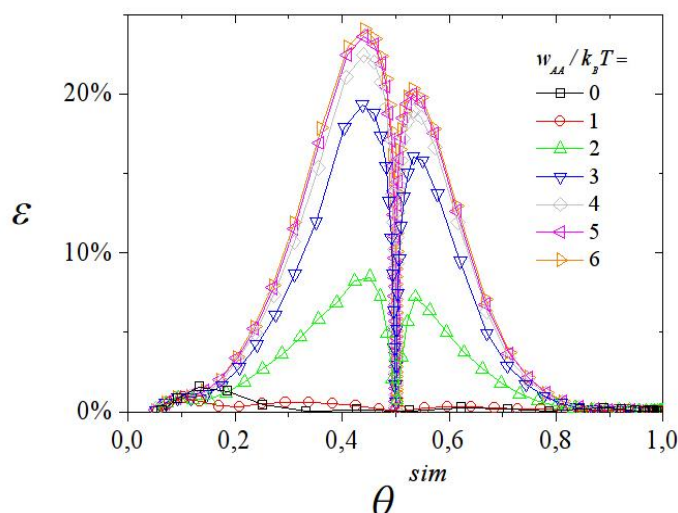


**Figura 2** Caso 1: isotermas parciales para el caso  $w_{AA}/k_B T = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  y  $6$  y  $w_{BB}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$ . Los símbolos, líneas continuas y líneas de trazos representan simulaciones MC, resultados y datos de CA, QCA, respectivamente.

Como se puede ver, los resultados de CA (correspondientes a líneas continuas) muestran una excelente concordancia con los datos de MC (símbolos) en toda la gama de  $w_{AA}/k_B T$ . Por otro lado, el comportamiento de las curvas de QCA (correspondientes a las líneas de trazos) se puede explicar de la siguiente manera.

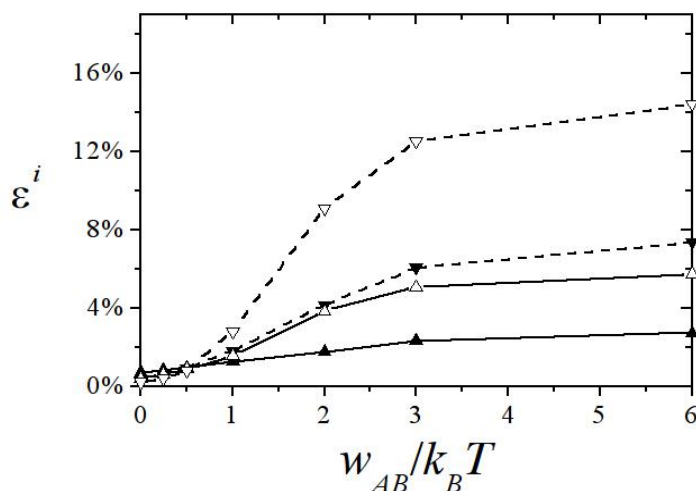
Hay un buen acuerdo en los valores bajos de energía de interacción, mostrando, por el aumento de los valores de  $w_{AA}/k_B T$ , una desviación de los datos de MC, pero aun así la reproducción de los aspectos cualitativos, un buen desempeño en cubrimientos bajos y altos, y delineado de la meseta a mitad del cubrimiento correspondiente a la formación de la estructura  $c(2 \times 2)$  de las especies adsorbidas A.

Todo esto se puede evaluar cuantitativamente a partir de las curvas de error absolutos e integrales (véanse las figura 3 y figura 4).



**Figura 3** Caso 1: errores relativos de QCA versus los datos de MC como se definieron en la ecuación 10. Los resultados corresponden a la isoterma parcial de especies A.

En la figura 3 la diferencia entre la QCA y simulación MC se muestra claramente. Este gráfico indica que el error es cero para tres casos límite:  $\theta = 0$ ,  $\theta = 0.5$  y  $\theta = 1$ .



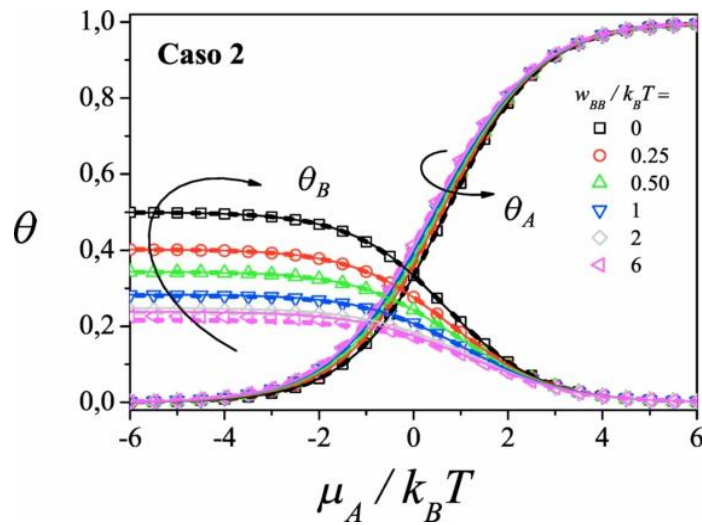
**Figura 4** Caso 1 errores integrales para QCA (símbolos sin relleno) y CA (símbolo lleno). Triángulos arriba [abajo] corresponden a las isoterma parcial de especies A [B].

También muestra que el error máximo se encuentra en las cercanías de la meseta a  $\theta = 0.5$ , para todos los valores de  $w_{AA}/k_B T$ .

Este extremo en el error es, para todos los valores estudiados de  $w_{AA}/k_B T$  (siempre considerando el Caso 1), en el intervalo de  $\theta \in [0.4; 0.6]$  y nunca mayor que %25 (en relación a  $\theta^{\text{sim}}$ ). Otra característica del comportamiento de la QCA es el crecimiento del error monótonamente con el aumento de  $w_{AA}/k_B T$ , lo que puede ser visto con mayor claridad en la figura 4. En cuanto a la CA, el error integral ( $\epsilon^i$ ) se representa en la figura 4. Allí, se puede ver que el error es de un orden de magnitud menor que la QCA, a pesar del pequeño tamaño del sub-sistema considerado en la CA.

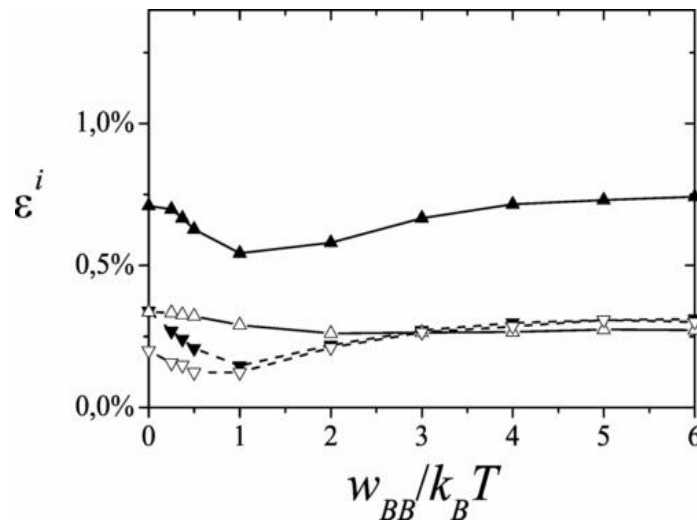
**Caso 2 :**  $w_{BB}/k_B T > 0$  ,  $w_{AA}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$ .

En este caso hemos fijado  $\mu_B = 0$ , las isoterma de las especies B alcanzan, para  $\mu_A \rightarrow \infty$ , un valor constante  $\theta_B = 1/2$  en  $w_{BB}/k_B T = 0$ , que corresponde esencialmente a la distribución aleatoria de partículas (véase la figura 5).



**Figura 5** Caso 2: isotermas parciales para el caso  $w_{BB}/k_B T = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  y  $6$  y  $w_{AA}/k_B T = w_{AB}/k_B T = 0$ . Los símbolos, líneas continuas y líneas de trazos representan simulaciones MC, resultados y datos de CA, QCA, respectivamente.

Como la energía de interacción  $w_{BB}/k_B T$  aumenta, el valor inicial de  $\theta_B$  disminuye. Para valores de  $\mu_A$  creciente, la evolución de las isotermas muestra que las partículas de las especies A desplazan por completo a las otras especies. En este caso, QCA tiene un acuerdo mucho mejor con los datos de simulación en comparación con el caso anterior, como se puede ver la integral del error es de un orden de magnitud inferior (véase la figura 6).

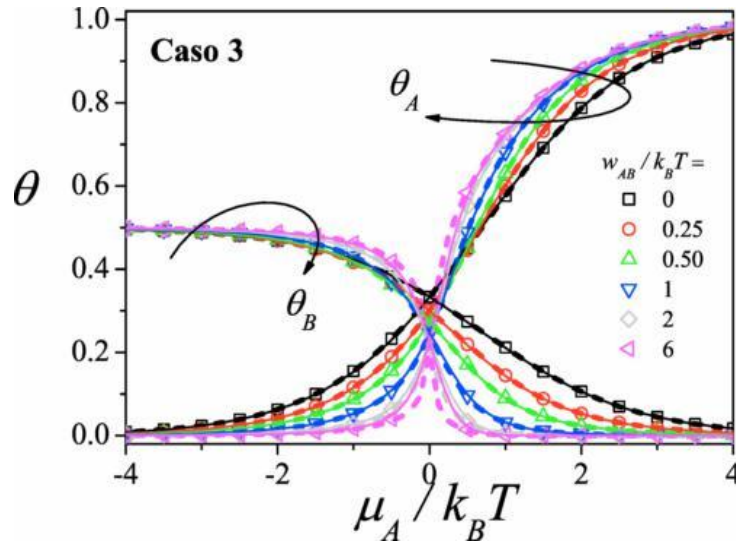


**Figura 6** Caso 2 errores integrales para QCA (símbolos sin relleno) y CA (símbolo lleno). Triángulos arriba [abajo] corresponden a las isotermas parciales de especies A [B].

Por otro lado, el enfoque teórico CA tiene de nuevo un buen rendimiento, pero cuantitativamente similar al caso anterior. Independientemente de las diferencias entre las curvas de la figura 6, es importante tener en cuenta que ambas aproximaciones tienen errores menores del %1, muy por debajo de los errores que se encuentran generalmente en los experimentos.

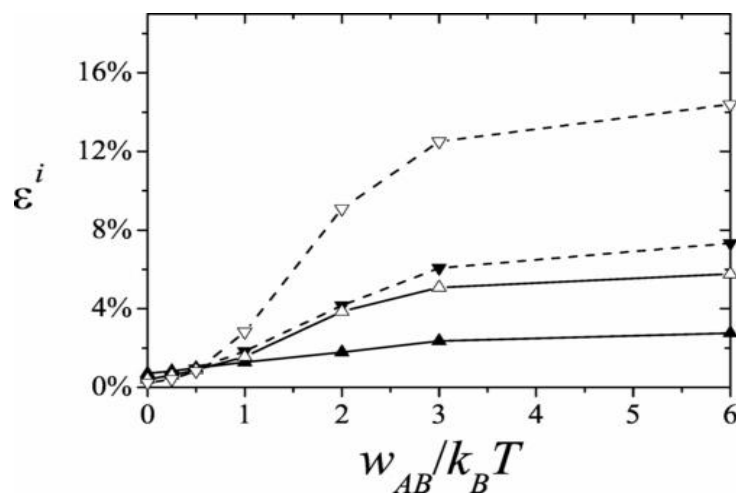
**Caso 3:**  $w_{AB}/k_B T > 0$ ,  $w_{AA}/k_B T = w_{BB}/k_B T = 0$ .

En este caso, que se muestra en la figura 7, se analizan los efectos de la interacción entre especies  $w_{AB}/k_B T$ .



**Figura 7** Caso 3: isothermas parciales para el caso  $w_{AB}/k_B T = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  y  $6$  y  $w_{AA}/k_B T = w_{BB}/k_B T = 0$ . Los símbolos, líneas continuas y líneas de trazos representan simulaciones MC, resultados y datos de CA, QCA, respectivamente.

Para valores de  $\mu_A \rightarrow \infty$  sólo tenemos la especie B presente, así que no hay efecto de  $w_{AB}/k_B T$  en las curvas. Lo mismo ocurre a valores altos de  $\mu_A$  como la especie A ha desplazado por completo la especie B. En la zona intermedia ambas especies coexisten y las curvas muestran una dependencia de la interacción lateral entre especies. Como puede verse a partir de los errores integrales en la figura 8, aunque el CA tiene un mejor rendimiento, ambas aproximaciones demostraron ser cuantitativamente equivalentes.



**Figura 8** Caso 3 errores integrales para QCA (símbolos sin relleno) y CA (símbolo lleno). Triángulos arriba [abajo] corresponden a las isothermas parciales de especies A [B].

## 5. Conclusiones

Se han analizado dos enfoques analíticos para el problema de la adsorción de mezclas binarias interactuantes. Las teorías abordadas son la Aproximación clásica Cuasi-Química (QCA), generalizado a dos especies, y la llamada Aproximación de racimo (AR). Ambas teorías se compararon sistemáticamente con simulaciones de Monte Carlo. Se examinaron tres casos, correspondientes a la presencia de una de las interacciones laterales a la vez. El efecto de la inclusión de diferentes valores para las interacciones laterales se puede entender como una combinación de los tres casos considerados en detalles. Los resultados teóricos presentan una muy buena concordancia cualitativa y cuantitativa con los datos de MC. De las curvas de error integral se puede observar que, en la mayoría de los casos, la aproximación Cuasi-Química tiene un error ligeramente mayor que la aproximación de racimo, excepto para el Caso 2, donde el acuerdo es mejor que %1 en toda la gama de parámetros para ambos enfoques. En todos los casos, el error es menor que %10. La única excepción es para la QCA en parte del Caso 3 a valores altos del parámetro de interacción (situación que no tiene mucha correspondencia con el experimento). Teniendo en cuenta la complejidad en el estudio experimental de adsorbatos de múltiples componentes, es importante tener en cuenta la utilidad de estos enfoques teóricos como una primera herramienta para predecir el comportamiento de un sistema gobernado por un gran número de parámetros. Por lo tanto, la aplicación de QCA y CA permiten (i) para identificar y caracterizar los rasgos más destacados de este proceso en particular, (ii) sacar conclusiones generales sobre los efectos de la competencia entre dos especies adsorbidas y (iii) proporcionar un marco coherente para interpretar los hallazgos experimentales sin cálculos arduos que requieren mucho tiempo.

## 6. Bibliografía

- Adamson, A.W. (1990). *Physical Chemistry of Surfaces* - Ed. John Wiley and Sons.
- Brunauer, S.; Emmett, P. H. Teller, (1938). *E. J. Am. Chem. Soc.* 60, 309-319.
- Clark, A. (1970). *The Theory of Adsorption and Catalysis* - Ed. Academic Press.
- García, G. D.; Sánchez-Varretti, F. O.; Ramirez-Pastor, A. J.; Bulnes, F. (2012). *Surface Science* 606, 1-2, 83-90.
- Gregg, S. J.; Sing, K. S. W. (1982). *Adsorption, Surface Area and Porosity* - Ed. Academic Press - ISBN 0-12-300956-1.
- Hill, T. L. (1960). *An Introduction to Statistical Thermodynamics* - Ed. Addison-Wesley - ISBN 0-201-02840-9.
- Langmuir, I. (1916). *J. Am. Chem. Soc.* 38, 2221-95.
- Rinaldi, P.; Bulnes, F.; Ramirez-Pastor, A.J.; Zgrablich, G. (2008). *Surface Science* 602 1783-1794.
- Rudzinski, W.; Everett, D. H. (1992). *Adsorption of Gases on Heterogeneous Surfaces* Academic Press - ISBN 0-12-601690-9.
- Sanchez Varretti, F. O.; García, G. D.; Pasinetti, P. M. Ramirez-Pastor, A. J. (2014). *Adsorption Journal of the International Adsorption Society* 20, 855.
- Somorjai, G. A. (1972). *Principles of Surface Chemistry* - Ed. Prentice-Hall - ISBN: 0-13-7106-08-4 .
- Steele, W. A. (1974). *The interaction of gases with solid surfaces* - Ed. Pergamon Press.

## 07TCQ - CALCULO DE COEFICIENTES OSMOTICOS DE ELECTROLITOS FUERTES UTILIZANDO UN MODELO HIBRIDO

MOLINA, R., GARCES, I.

Departamento de Ingeniería Química y Procesamiento de Minerales, Universidad de Antofagasta. Chile. roberto.malinarich@gmail.com , ingrid.garces@uantof.cl

### Resumen

Se presenta un modelo híbrido para el cálculo de coeficientes osmóticos de sistemas multicomponentes, a partir de sus compuestos puros. El modelo utiliza en su parte teórica el método de aproximación esférica media (MSA) basado en la energía libre de Helmholtz, y una red neuronal artificial (RNA), para el cálculo de las fuerzas coulombianas de rango largo, basado en la teoría de Debye Hückel extendida. La dependencia de la fuerza iónica con el diámetro iónico efectivo es atribuida a los efectos de solvatación, fenómeno que es modelado a través de la red neuronal artificial. La base de datos que se utiliza para la fase de entrenamiento, validación cruzada y prueba de la RNA consta de 57 electrolitos fuertes 1:1, 1:2, 2:1 y 2:2 a 298.15°K. La red neuronal artificial fue exitosamente validada en la correlación del diámetro iónico efectivo, con errores cuadráticos medios de entrenamiento (SCEE) y validación cruzada (SCEV) de 0.0341 y 0.0425 obteniendo una desviación promedio total con datos experimentales de 1.18 %.

### 1. Introducción

Las RNA pueden ser aplicadas a fenómenos altamente no lineales y multivariados, de ahí su gran interés en Ingeniería Química para la predicción de propiedades termodinámicas, en particular en la estimación de las propiedades necesarias de los líquidos iónicos en la simulación y diseño de procesos (Valderrama, 2009).

Basada en la mecánica estadística, la aproximación esférica media (MSA) es el método usado para obtener una solución analítica de la función de distribución radial de partículas en fluidos. En la MSA los iones son modelados como esferas rígidas cargadas de diámetro finito, lo que representa un avance teórico con respecto a la teoría de Debye-Hückel al considerar el tamaño de los iones. Deduciendo las propiedades termodinámicas desde la energía libre de Helmholtz en exceso, este modelo en la predicción de coeficientes de actividad fue aplicado en torno a concentraciones máximas de 2M (Triolo et al, 1978). Para ampliar su aplicabilidad a mayores concentraciones, se incluyó un diámetro dependiente de la concentración con el fin de obtener datos cuantitativos, así podemos encontrar aplicaciones para mezclas de electrolitos fuertes a concentraciones moderadas y altas (Jiu Fang et al, 1993).

En la MSA, el exceso de energía libre de una especie iónica individual de carga  $z_i$ , diámetro  $\sigma_i$  y densidad en número  $\rho_i$  en una mezcla arbitraria puede dividirse en dos contribuciones (Corti, H, R., 1987):

$$\phi = \phi^{el} + \phi_0^{hs} \quad (1)$$

En la solución del caso general de la MSA el cálculo de la contribución electrostática requiere conocer el valor del parámetro de escala:

$$\Gamma = \frac{\alpha}{2} \left( \sum_{i=1}^N \rho_i \left[ \frac{Z_i - \left(\frac{\pi}{2\Delta}\right) \sigma_i^2 P_n}{1 + \Gamma \sigma_i} \right]^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

Donde  $\rho_i$  es la densidad en número de partículas por  $\text{\AA}^3$  y viene dada por  $\rho_i = \rho v_i$ , siendo  $v_i$  el coeficiente estequiométrico en la reacción de disociación del electrolito,  $\rho = 6.0225 \cdot 10^{-4} c$ , siendo  $c$  la concentración molar del electrolito ( $\text{mol.dm}^{-3}$ )

$$\alpha^2 = \frac{4\pi e^2}{DkT} \dots\dots\dots (3)$$

Donde  $k$  es la constante de Boltzman y  $T$  la temperatura en K,  $e$  es la carga del electrón y  $D$  es la constante dieléctrica del disolvente,

$$P_n = \frac{1}{\Omega} \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \sigma_i Z_i}{1 + \Gamma \sigma_i} \quad (4)$$

$$\Omega = 1 + \frac{\pi}{2\Delta} \sum_{k=1}^N \frac{\rho_k \sigma_k^3}{1 + \Gamma \sigma_k} \quad (5)$$

$$\xi_n = \frac{\pi}{6} \sum_{i=1}^N \rho_i \sigma_i^n \quad (n = 0, 1, 2, 3) \quad (6)$$

$$\Delta = 1 - \xi_n \quad (7)$$

$\xi_n$  representa la fracción del volumen total que ocupan las especies electrolíticas y  $\Delta$  es la fracción del volumen total que ocupa el disolvente.

El cálculo del parámetro  $\Gamma$  depende del número de iones implicados. En el caso de una sal binaria la ecuación (1) es de orden 6 y debe resolverse numéricamente. Bien por el método de Newton-Raphson, comenzando a muy bajas concentraciones, o bien por un simple método iterativo, en que se toma como valor inicial la longitud inversa de Debye :

$$2\Gamma_0 = k_0 = [\alpha^2 \sum_i \rho_i Z_i^2]^{1/2} \quad (8)$$

La solución iterativa vendrá dada por una expresión tal que:

$$2\Gamma_{n+1} = \left[ \alpha^2 \rho \sum_{i=1}^N \frac{v_i Z_i^2}{(1 + \Gamma \sigma_i)^2} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Una vez obtenido el parámetro  $\Gamma$ , las distintas propiedades termodinámicas de exceso pueden determinarse a partir de la expresión de la energía interna de exceso por unidad de volumen debido a las cargas eléctricas del sistema. Para el caso del coeficiente osmótico:

$$\phi^{el} = \frac{-\Gamma^3}{3\pi \sum_i \rho_i} - \frac{1}{8 \sum_i \rho_i} \left[ \frac{\alpha P_n}{\Delta} \right]^2 \quad (10)$$



La contribución de las esferas rígidas al coeficiente de actividad y osmótico resulta ser una función complicada de las densidades de partículas. Una expresión más adecuada es la relación que resulta de la teoría PY para mezclas de esferas rígidas (Cartailler et al, 1992):

$$\phi^{hs} = \frac{1}{(1-X_3)} + \frac{3X_1X_2}{X_0(1-X_3)^2} + \frac{X_2^3}{2X_0(1-X_3)^3} \quad (11)$$

Donde:

$$X_k = \frac{\pi}{6} \sum_i \rho_i \sigma_i^k \quad (12)$$

El diámetro iónico del catión es tomado como una función de la concentración con el fin de obtener datos cuantitativos con los experimentales. Ajustando parámetros que tienen en cuenta la hidratación de los iones y los efectos de polarización a altas concentraciones, se obtienen los mejores resultados (Jiu-Fang Lu et al ,1993):

$$\sigma_{c+} = \sigma_0 - \lambda_1 \left( \frac{I^{0.5}}{1+I^{0.5}} \right) - \lambda_2 I^2 \quad (13)$$

Donde:

$\lambda_1$  : Espesor de la capa de hidratación

$\lambda_2$  : Parámetro empírico para el efecto de polarización de los iones que solo está presente a altas concentraciones.

I : Fuerza Iónica molar

$$\sigma_0 = \sigma_{P+} + \lambda_1 \quad (14)$$

$$I = \frac{1}{2} \sum_i z_i^2 m_i \quad (15)$$

Las ecuaciones (1)-(13), para el caso de diámetros iónicos distintos ( $\sigma_i$ ), pueden utilizarse para calcular el coeficiente osmótico y de actividad de la especie i en electrolitos puros (para el caso n=2), o sistemas multicomponentes (n=número de componentes de la mezcla).

## 2. Metodología

### *Base de datos experimentales*

En la programación neuronal el objetivo es que la red logre predecir el diámetro iónico efectivo de un catión para un electrolito, utilizando la información de otros electrolitos o sistemas, es necesario entonces construir una base de datos con aquellos electrolitos de los cuales se conoce el valor del diámetro iónico efectivo, es decir, los mismos sistemas parametrizados por Jiu-Fang Lu (1993) (Tabla 1).

**TABLA 1.** Algunos Parámetros del diámetro efectivo calculados para 41 electrolitos 1:1,1:2,2:1 y 2:2 (Jiu-Fang Lu et al ,1993)

electrolito	Parámetros (nm)			m <sub>máx</sub>	Desviación relativa
	$\sigma_0 * 10$	$\lambda_1 * 10$	$\lambda_2 * 10^4$		
CsCl	5.281	1.789	1.547	19.2	2.12
LiBr	4.710	0.702	1.216	20.0	0.94
LiI	6.570	3.740	-17.738	3.0	0.29
LiNO <sub>3</sub>	7.029	3.388	0.498	20	1.04
LiClO <sub>3</sub>	5.396	1.104	7.122	4.2	0.20
LiClO <sub>4</sub>	6.561	2.388	0.239	4.5	0.15
NaF	4.528	3.603	-	1.0	0.09
NaCl	4.37	2.266	-4.189	6.1	0.16
NaBr	4.008	1.297	0.058	9.0	0.48
NaI	4.069	1.184	0.472	12.0	0.84
NaNO <sub>3</sub>	4.732	3.030	-1.929	10.8	0.20
NaNO <sub>2</sub>	4.788	1.754	7.320	12.3	0.80
NaClO <sub>3</sub>	4.601	3.066	-2.497	3.0	0.15
NaClO <sub>4</sub>	4.665	2.468	-5.038	6.0	0.07
NaBrO <sub>3</sub>	3.678	3.076	-	2.6	0.22
NaOH	3.899	1.564	-1.720	10	0.50

### *Conformación del modelo híbrido*

El desarrollo del modelo híbrido implica los siguientes pasos:

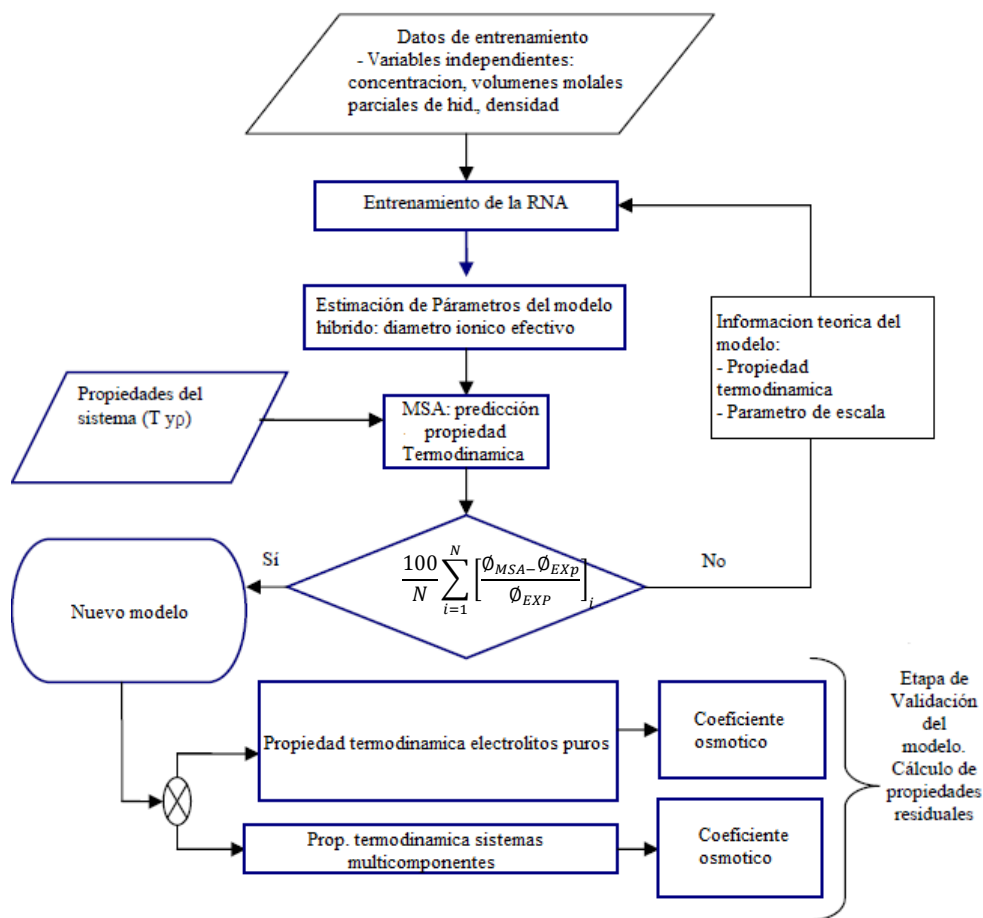
1.- Se entrena supervisadamente a una red neuronal artificial para la estimación del diámetro iónico efectivo, esto se logra a partir de la introducción de un set de variables independientes con lo cual la red neuronal intenta aproximar la variable dependiente esperada, el diámetro iónico de un electrolito a determinada concentración (Figura 1). Las variables independientes utilizadas son:

- Densidad del electrolito
- Volumen molal parcial de hidratación del catión y el anión.
- Concentración molar.

2.- Una vez entrenada una red neuronal artificial de arquitectura definida, se calcula una propiedad termodinámica con el modelo MSA, evaluando la desviación relativa promedio con datos experimentales definida por:

$$S_i = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[ \frac{\phi_{MSA} - \phi_{EXP}}{\phi_{EXP}} \right]_j \quad (13)$$

3.- Se selecciona la arquitectura de red neuronal artificial que presente la menor desviación relativa con datos experimentales, de esta forma quedo conformado el modelo híbrido.



**FIGURA 1.** Diagrama de flujo del desarrollo del modelo híbrido y su evaluación en el cálculo de coeficientes osmóticos

### 3. Resultados y Discusión

#### *Selección de la arquitectura de red*

A continuación se muestran los resultados de entrenamiento, validación cruzada y prueba que permitieron seleccionar la mejor arquitectura de red (número de nodos en las capas ocultas).

De acuerdo con los resultados, Tabla 2, se observa que todas las estructuras propuestas (número de neuronas de cada capa oculta, indicada en la columna q), tuvieron un desempeño similar con errores mínimos en la fase de entrenamiento y validación (SSEE entrenamiento, SSEVvalidación). Para poder seleccionar la red neuronal que mejor infiera el diámetro iónico, se ingresa el diámetro iónico efectivo de cada estructura neuronal en el modelo MSA y se calcula el coeficiente osmótico, el cual es comparado con el valor experimental. Se elegirá la estructura neuronal que obtenga menor desviación entre el coeficiente osmótico calculado y el experimental. En nuestro caso corresponde a la columna  $s_T$  (Tabla 2) en la que se obtiene la menor desviación relativa promedio del coeficiente osmótico (1.187 %) con 16 neuronas en cada capa oculta.

**TABLA 2.** Errores de entrenamiento, validación cruzada y prueba para las distintas arquitecturas de red neuronal artificial probadas.

			Entrenamiento		Validación cruzada		Prueba	
q	Iteraciones	Tiempo	SSEG	R <sup>2</sup>	SSEV	R <sup>2</sup>	s <sub>T</sub> (%)	R <sup>2</sup>
8	149	0:00:02	0.0718	0.97361	0.0983	0.96979	1.6	0.889
10	31	0:00:01	0.0431	0.98441	0.0506	0.9834	1.328	0.953
11	117	0:00:02	0.0422	0.98537	0.0588	0.97851	1.563	0.922
12	99	0:00:02	0.0370	0.9807	0.0368	0.98583	1.017	0.975
13	102	0:00:02	0.0935	0.9675	0.0599	0.97481	1.459	0.908
14	101	0:00:02	0.0537	0.9809	0.0356	0.98078	1.998	0.987
15	56	0:00:01	0.0381	0.9836	0.0533	0.98189	1.711	0.969
<b>16</b>	<b>91</b>	<b>0:00:02</b>	<b>0.0341</b>	<b>0.9893</b>	<b>0.0425</b>	<b>0.9872</b>	<b>1.187</b>	<b>0.989</b>
17	44	0:00:01	0.0385	0.98384	0.0389	0.98174	1.135	0.964
18	52	0:00:01	0.0375	0.98053	0.0361	0.98113	1.253	0.971

*Prueba de electrolitos puros no contemplados en la fase de entrenamiento*

Los resultados de la Tabla 2, muestran la desviación relativa promedio de cada electrolito utilizado en la fase de prueba de la red neuronal artificial.

Prueba	
<i>Electrolito i</i>	<i>s<sub>i</sub></i>
KNO <sub>3</sub>	0.0123
LiNO <sub>3</sub>	0.0178
NaNO <sub>3</sub>	0.4875
CH <sub>3</sub> COONa	0.2235
LiCl	0.0154
NaCl	0.1682
LiOH	0.0323
MgCl <sub>2</sub>	0.0143
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.1246
MgSO <sub>4</sub>	0.254
Total	1.187

Se puede apreciar que la red neuronal seleccionada es capaz de generalizar correctamente el valor del diámetro iónico efectivo, en las zonas de mediana y alta concentración, donde se encuentran presentes con mayor fuerza las interacciones de corto alcance como las de solvatación iónica que en parte son responsables de las desviaciones en el modelo de la MSA. Es importante notar que a diferencia del modelo determinístico MSA al utilizar redes neuronales artificiales es posible prescindir de datos experimentales para obtener el diámetro iónico efectivo, ya que la red neuronal entrenada es capaz de generalizar un nuevo sistema, sin embargo, una correcta generalización dependerá de que tan representativa sea la base de datos de entrenamiento con el nuevo sistema.

#### **4. Conclusiones**

1.- Se obtuvo un modelo híbrido basado en la teoría de la MSA y redes neuronales artificiales para la estimación correlativa y predictiva del diámetro iónico efectivo de los iones en disoluciones electrolíticas (1-1, 1-2, 2-1 y 2-2) evitando el uso de parámetros ajustables de interacción de dichos sistemas.

2.- El modelo híbrido propuesto en la presente tesis permite evaluar una propiedad termodinámica de forma generalizada, sin tener datos experimentales.

3.-El modelo propuesto permite, a través de las redes neuronales artificiales correlacionar los coeficientes osmóticos para electrolitos 1-1, 1-2, 2-1 y 2-2.

4.- Si bien es cierto la utilización de validación cruzada es una poderosa herramienta para evitar el sobreentrenamiento de una red neuronal artificial, su uso restringe la arquitectura de la red a solo 2 capas ocultas, por lo que el estudio de redes más complejas, necesariamente implicará ensayos de prueba y error, aumentando la dificultad de la programación neuronal.

#### **5. Bibliografía**

Triolo, R., Blum, L. and Floriano, M.A., 1978. Simple electrolytes in the mean spherical approximation. 2. Study of a refined model. *J. Physys Chem.* 82: pp.1368-1370

Jiu-Fang, L., Yang-Xing, Y., Yi-Gui, L.1993. Modification and Application of the mean spherical approximation method. *Fluid phase equilibria.* 85, pp. 81-100.

Corti, H. R., 1987. Prediction of activity coefficients in aqueous electrolyte mixtures using the mean spherical approximation. *Journal of Physics. Chem.* 91(3), pp. 686-689.

Cartailler, T., Turq, P., Blum, L., Condamine, N.,1992. Thermodynamics of ion association in the mean spherical approximation *J. Phys. Chem.* 96(16), pp.6766-6772.

Valderrama, J., Reátegui, A and Rojas, R., 2009. Density of Ionic Liquids Using Group contribution and Artificial Neural Network. *American Chemical Society.* 48, pp.3254-2359.

## **08TCQ - CINÉTICAS DE RECUBRIMIENTO Y AGLOMERACIÓN EN UN GRANULADOR DE LECHO FLUIDIZADO**

**BERTIN, D.; VILLA, M; COTABARREN, I.; PIÑA, J.; BUCALÁ, V.**

**Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET). Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur. Argentina.**

**[dbertin@plapiqui.edu.ar](mailto:dbertin@plapiqui.edu.ar)**

### **Resumen**

En este trabajo se formula un modelo matemático basado en balances de masa y población para describir el proceso de granulación de urea en un lecho fluidizado discontinuo escala piloto. Utilizando diferentes caudales de urea fundida, se determinan las cinéticas de crecimiento por recubrimiento y aglomeración por ajuste de datos experimentales. Para obtener una solución realista, se considera como restricción que el valor calculado de la fracción másica de aglomerados en el producto sea exactamente igual al valor medido. Los resultados obtenidos demuestran que las cinéticas propuestas para el aumento de tamaño por recubrimiento y aglomeración de las partículas de urea permiten reproducir las distribuciones de tamaño aceptablemente y, simultáneamente, satisfacer las fracciones másicas de aglomerados del producto granular.

### **1. Introducción**

Dentro de las técnicas de granulación, la granulación fundida consiste en atomizar una solución de un material fundido (ligante) sobre partículas sólidas. El aumento de tamaño de las partículas puede ocurrir por dos mecanismos diferentes: recubrimiento (adherencia exitosa de las gotas de ligante sobre el material particulado y posterior solidificación de las mismas) o aglomeración (colisión de dos partículas mojadas por ligante y solidificación del puente líquido formado entre ellas) (Litster et al., 2004). Según la aplicación, suele preferirse uno de los dos mecanismos de crecimiento. Sin embargo, la competencia que comúnmente existe entre estos fenómenos tiende a causar operaciones alejadas de los puntos operativos óptimos y baja calidad del producto (Hasltensen et al, 2006). Por esta razón, es necesario explorar el efecto de las condiciones de operación sobre la calidad de los gránulos finales.

Los procesos de granulación fundida son comunes en las industrias farmacéutica y de fertilizantes. Dentro de la industria de fertilizantes, la producción de urea granulada es un ejemplo típico de granulación fundida. En este caso, el recubrimiento es el mecanismo deseado de aumento de tamaño para las partículas debido a que permite obtener gránulos prácticamente esféricos, de tamaños similares y adecuada resistencia a la rotura. El fenómeno de aglomeración debe ser minimizado para evitar productos granulares con distribuciones de tamaño de partículas no aceptables comercialmente.

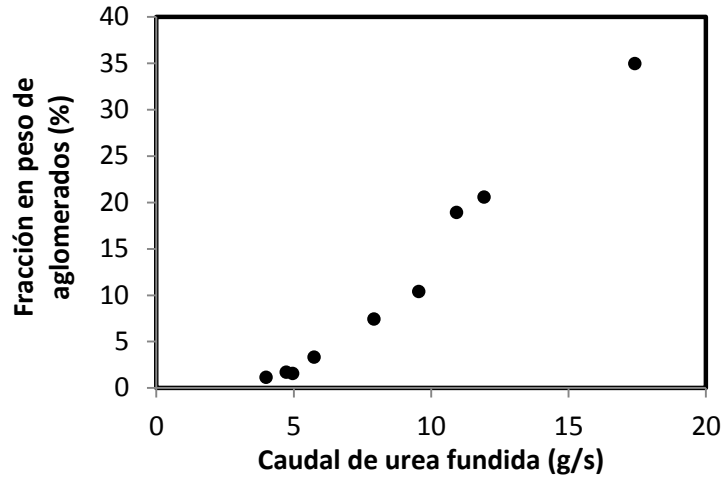
Tanto el mecanismo de recubrimiento como el de aglomeración se modelan mediante la ecuación del balance de población (population balance equation, o PBE). Esta ecuación está basada en leyes de conservación y permite calcular la distribución de tamaño de partículas (particles size distribution, o PSD) del producto granular en función de la PSD inicial y de las condiciones de operación del granulador (Ramkrishna, 2000). Las cinéticas de recubrimiento y aglomeración deben ser introducidas en el PBE en forma

de ecuaciones constitutivas. Para su obtención y/o validación es necesario contar con datos experimentales.

En este trabajo se propone un modelo matemático basado en balances de masa y población para describir el proceso de granulación de urea en un lecho fluidizado discontinuo escala piloto. Utilizando diferentes caudales de urea fundida, se establecen las cinéticas de recubrimiento y aglomeración con el fin de predecir correctamente la PSD del producto granular. De esta manera, el modelo propuesto contiene dos parámetros de ajuste. El ajuste se realiza mediante una optimización por cuadrados mínimos, definiendo como función objetivo (a minimizar) el error cuadrático entre las PSDs medida y calculada. Para obtener una solución realista, se considera como restricción que el valor calculado de la fracción másica de aglomerados en el producto sea exactamente igual al valor obtenido experimentalmente.

## **2. Procedimiento Experimental**

Los experimentos se llevaron a cabo en un granulador de lecho fluidizado discontinuo cónico a escala piloto. En todas las experiencias se atomizó entre 4 y 35 g/s de urea fundida proveniente de un tanque, al que se agregó un pequeño volumen de agua para alcanzar una concentración de urea del 96%. El tanque de urea se mantuvo a una temperatura constante cercana al punto de fusión y la atomización se realizó mediante aire comprimido precalentado, impulsando el ligante desde el tanque hacia una boquilla binaria de atomización situada en el fondo del equipo por encima del distribuidor de aire. La velocidad del aire de fluidización se mantuvo constante e igual a 3 m/s, mientras que la masa inicial de partículas de urea fue igual a 2000 g en todos los casos. Se llevaron a cabo 9 experiencias, operando el granulador con diferentes caudales de urea fundida. Cada caudal se determinó como el cociente entre la masa ganada por el producto particulado durante la granulación y el tiempo de operación. En cada experiencia, se registró el peso del tanque de urea fundida de manera continua mediante una balanza. El análisis de dichos resultados arrojó una dependencia prácticamente lineal del peso del tanque en función del tiempo, permitiendo concluir que el caudal alimentado fue constante durante la operación del granulador. Para caracterizar las PSDs, se utilizó una torre de tamices con tamices estándar ASTM. Para cada experiencia, la masa inicial de urea estaba constituida por partículas de tamaño uniforme, comprendido entre 2,38 y 2,8 mm. Respecto al producto final, las partículas quedaron contenidas entre 6 o 7 tamices, razón por la cual sus granulometrías se describen por 5 o 6 rangos (o clases) de tamaños. La fracción másica de aglomerados en el producto se determinó por inspección visual, y los valores obtenidos se muestran en la Figura 1 en función del caudal de urea fundida.



**FIGURA 1.** Fracción en peso de aglomerados en el producto en función del caudal de urea fundida.

### 3. Modelo Matemático

#### 4.1 Balance de masa

El balance de masa para urea dentro del granulador se expresa como:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m} \quad (1)$$

donde  $m$  es la masa de urea granulada y  $\dot{m}$  es el caudal atomizado de urea fundida que promueve el aumento de tamaño.

#### 4.2 Balance de población

En este trabajo se utiliza la formulación del PBE propuesta por Bertin et al. (2014). Dicha formulación involucra una discretización del tamaño de partículas (i.e., el dominio de tamaños se divide en rangos denominados clases) y un método numérico que permite predecir el número de partículas correspondiente a cada una de las clases y el diámetro representativo en el cual se concentran dichas partículas. Siguiendo el procedimiento presentado por Bertin et al. (2014), es posible obtener PSDs que satisfacen simultáneamente los balances en número y masa de partículas por clase.

De acuerdo a Bertin et al. (2014), el número de partículas en cada clase varía en el tiempo según la siguiente ecuación:

$$\frac{dN_i}{dt} = F_i^{G+} - F_i^{G-} + H_i^{A+} - H_i^{A-} \quad (2)$$

donde  $N_i$  es el número de partículas en la clase  $i$ ,  $t$  es el tiempo,  $F_i^{G+}$  y  $F_i^{G-}$  representan la velocidad de aparición y desaparición de partículas en la clase  $i$  por recubrimiento y  $H_i^{A+}$  y  $H_i^{A-}$  describen la aparición y desaparición de partículas en la clase  $i$  por aglomeración, respectivamente.

Cada número de partículas  $N_i$  está asociado a un diámetro representativo  $d_{p_i}$ , el cual se calcula como:

$$\frac{dd_{p_i}}{dt} = G(d_{p_i}) + \frac{d_{p_i}^{1-\phi}}{\phi N_i} \left[ F_i^{G+} (D_{p_i}^\phi - d_{p_i}^\phi) - F_i^{G-} (D_{p_{i+1}}^\phi - d_{p_i}^\phi) + H_i^{A+} (\overline{D}_{p_i}^\phi - d_{p_i}^\phi) \right] \quad (3)$$

donde  $D_{p_i}$  y  $D_{p_{i+1}}$  son los diámetros inferior y superior de la clase  $i$ ,  $G$  es la velocidad de crecimiento por recubrimiento,  $\overline{D}_{p_i}$  es el diámetro medio de la clase  $i$  en el que



aparecen las partículas aglomeradas y  $\phi$  es un parámetro del método numérico cuyo valor se fija en 3 con el propósito de satisfacer el balance de masa (Bertin et al., 2014). Los términos  $F_i^{G+}$ ,  $F_i^{G-}$ ,  $H_i^{A+}$  y  $H_i^{A-}$  de las ecuaciones 2 y 3 se calculan respectivamente como:

$$F_i^{G+} = \alpha_{i-1} G(D_{p_i}) (C_{1i-1} D_{p_i} + C_{2i-1}) \quad (4)$$

$$F_i^{G-} = \alpha_i G(D_{p_{i+1}}) (C_{1i} D_{p_{i+1}} + C_{2i}) \quad (5)$$

$$H_i^{A+} = \frac{1}{2} \sum_j \sum_{k/(j,k \rightarrow i)} \beta(d_{p_j}, d_{p_k}) N_j N_k \quad (6)$$

$$H_i^{A-} = N_i \sum_j \beta(d_{p_j}, d_{p_k}) N_j \quad (7)$$

donde  $\beta(d_{p_j}, d_{p_k})$  (llamado kernel de aglomeración) representa la velocidad de nacimiento de aglomerados por unión de partículas de las clases  $j$  y  $k$ .  $C_{1i}$ ,  $C_{2i}$  y  $\alpha_i$  son variables asociadas al esquema numérico utilizado. En la Ecuación 6, la expresión  $k/(j, k \rightarrow i)$  indica: todas las partículas de clase  $k$  tal que, al aglomerarse con partículas de clase  $j$ , generan partículas de clase  $i$ . El diámetro medio de la clase  $i$  en el que aparecen las partículas aglomeradas es:

$$\overline{D_{p_i}^A} = \left[ \frac{\sum_j \sum_{k/(j,k \rightarrow i)} \beta(d_{p_j}, d_{p_k}) N_j N_k (d_{p_j}^3 + d_{p_k}^3)}{\sum_j \sum_{k/(j,k \rightarrow i)} \beta(d_{p_j}, d_{p_k}) N_j N_k} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

Por último, las variables  $C_{1i}$ ,  $C_{2i}$  y  $\alpha_i$  se calculan como:

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 & \text{if } (C_{1i} D_{p_{i+1}} + C_{2i}) > 0 \\ 0 & \text{if } (C_{1i} D_{p_{i+1}} + C_{2i}) \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$C_{1i} = \frac{\frac{D_{p_{i+1}}^{\phi+1} - D_{p_i}^{\phi+1}}{D_{p_{i+1}} - D_{p_i}} - (\phi + 1) d_{p_i}^{\phi}}{\frac{1}{2} (D_{p_{i+1}} + D_{p_i}) (D_{p_{i+1}}^{\phi+1} - D_{p_i}^{\phi+1}) - \frac{\phi + 1}{\phi + 2} (D_{p_{i+1}}^{\phi+2} - D_{p_i}^{\phi+2})} N_i \quad (10)$$

$$C_{2i} = \frac{N_i - \frac{C_{1i}}{2} (D_{p_{i+1}}^2 - D_{p_i}^2)}{D_{p_{i+1}} - D_{p_i}} \quad (11)$$

#### 4.3 Cinéticas de recubrimiento y aglomeración

La velocidad de recubrimiento  $G$  se define como la derivada material (o total) del diámetro de cada partícula respecto al tiempo, y se relaciona con la cantidad de material de recubrimiento que ingresa al sistema y con la distribución del mismo sobre las partículas. Una práctica común es asumir que la distribución del material de recubrimiento es proporcional a la fracción de área superficial de cada partícula con respecto al área superficial total (Litster et al., 2004). Dicha suposición es consistente con un patrón de mezclado perfecto dentro del granulador y conduce a una velocidad de recubrimiento independiente del tamaño de partículas. Sin embargo, desviaciones del mezclado perfecto pueden conducir a una velocidad de recubrimiento diferente a la mencionada. En este trabajo, se propone utilizar una velocidad de recubrimiento descrita por la ley de la potencia (Bertin et al., 2014):

$$G(d_p) = \frac{2\dot{m}}{\pi\rho_p \sum_i N_i d_{p_i}^{2+q}} d_p^q \quad (12)$$

$\rho_p$  es la densidad de partículas y  $q$  es un exponente asociado a la distribución de la urea fundida sobre el material particulado. Si  $q = 0$ , la velocidad de crecimiento es independiente del tamaño de partículas y todas las partículas crecen por recubrimiento con la misma velocidad; la PSD mantiene su forma. Si  $q > 0$ , las partículas más grandes crecen con mayor velocidad que las pequeñas, causando un ensanchamiento de la PSD. Finalmente, si  $q < 0$ , las partículas más pequeñas crecen con mayor velocidad que las grandes, y la PSD tiende a ser más angosta.

Con respecto al kernel de aglomeración, en este trabajo se asume el modelo de equipartición de energía (equipartition of kinetic energy, o EKE), el cual provee una base teórica para la frecuencia de colisión de partículas en lechos fluidizados (Hounslow, 1998):

$$\beta(d_{p_j}, d_{p_k}) = \beta_0 (d_{p_j} + d_{p_k})^2 \sqrt{\frac{1}{d_{p_j}^3} + \frac{1}{d_{p_k}^3}} \quad (13)$$

donde  $\beta_0$  es un parámetro que depende de las condiciones de operación del granulador y de las propiedades del sistema partículas-gas (pero no del tamaño de partículas).

#### 4.4 Fracción másica de aglomerados en el producto

El PBE para cuantificar los aglomerados  $N_i^A$  en cada clase  $i$  se formula como:

$$\frac{dN_i^A}{dt} = H_i^{A+} - H_i^{A-} \frac{N_i^A}{N_i} + F_i^{G+} \frac{N_{i-1}^A}{N_{i-1}} - F_i^{G-} \frac{N_i^A}{N_i} \quad (14)$$

La fracción másica de aglomerados se obtiene como:

$$A = \frac{\sum_i N_i^A d_{p_i}^3}{\sum_i N_i d_{p_i}^3} \quad (15)$$

#### 4. Estimación de parámetros cinéticos

El modelo matemático presentado posee 2 parámetros de ajuste: el exponente  $q$  de la velocidad de crecimiento por recubrimiento y el factor  $\beta_0$  involucrado en la cinética de aglomeración. Los valores de dichos parámetros se obtienen por ajuste de los datos experimentales (PSDs correspondientes a 9 nueve experiencias diferentes), planteando una optimización por cuadrados mínimos. Para definir la función objetivo de la optimización, se considera que: a) la calidad granulométrica de la urea se establece a partir de la PSD expresada en masa, en lugar de la PSD expresada en número, y b) cuando las grillas de discretización poseen rangos de tamaños diferentes, las PSDs deben representarse a través de la variable llamada función densidad (i.e., cociente entre la masa o número de partículas y el ancho de la clase en que se encuentran). En base a estas dos observaciones, la función objetivo se define como:

$$FO = \min_{q, \beta_0} \sum_i \left( \frac{w_i | \text{Calculado} - w_i | \text{Experimental}}{D_{p_{i+1}} - D_{p_i}} \right)^2 \quad (16)$$

donde  $w_i$  es la fracción en peso de partículas en la clase  $i$ . Como se menciona anteriormente, los valores experimentales se obtuvieron por tamizado. Los valores

calculados se determinan a partir del número de partículas proveniente de la solución numérica del modelo matemático:

$$w_i|_{\text{Calculado}} = \frac{N_i d_{p_i}^3}{\sum_i N_i d_{p_i}^3} \quad (17)$$

## 5. Resultados

### 5.1 Optimización sin restricción

En la Figura 2 se compara la PSD calculada mediante optimización (sin restricción) con la PSD obtenida experimentalmente, para la experiencia en que el caudal de urea fundida fue 4 g/s y la fracción en peso de aglomerados en el producto fue 1,15%. Se observa que el ajuste de los parámetros permite obtener una buena correspondencia entre las distribuciones de tamaños. Por otro lado, el valor calculado de la fracción en peso de aglomerados en el producto es igual a 12,8%. La importante diferencia encontrada entre los valores predicho y medido para la fracción de aglomerados indica que los valores de  $q$  y  $\beta_0$  obtenidos, si bien permiten una buena representación de la PSD, carecen de significado físico.

### 5.2 Optimización con restricción

Debido al resultado obtenido en la Sección 5.1, en esta sección se incorpora una restricción a la optimización formulada anteriormente. Específicamente, se propone determinar los valores de  $q$  y  $\beta_0$  que minimicen la función objetivo, requiriendo además que el valor calculado de la fracción en peso de aglomerados en el producto sea igual al valor experimental:

$$FO = \min_{q, \beta_0} \sum_i \left( \frac{w_i|_{\text{Calculado}} - w_i|_{\text{Experimental}}}{D_{p_{i+1}} - D_{p_i}} \right)^2 \quad (18)$$

$A|_{\text{Calculado}} = A|_{\text{Experimental}}$

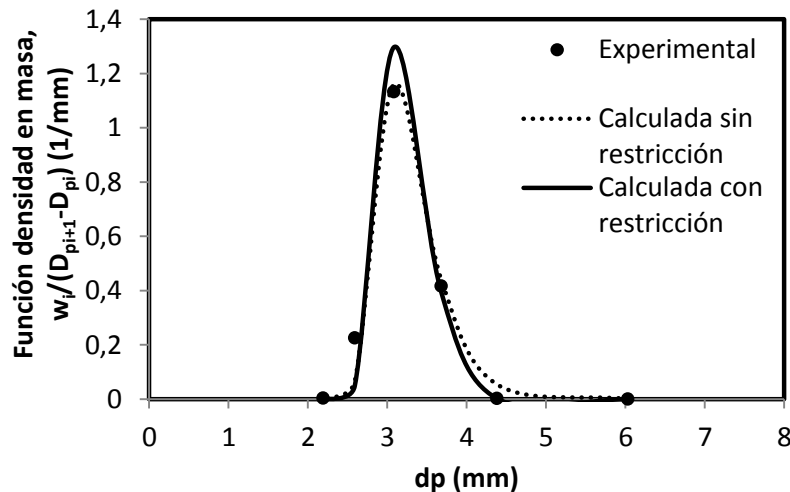
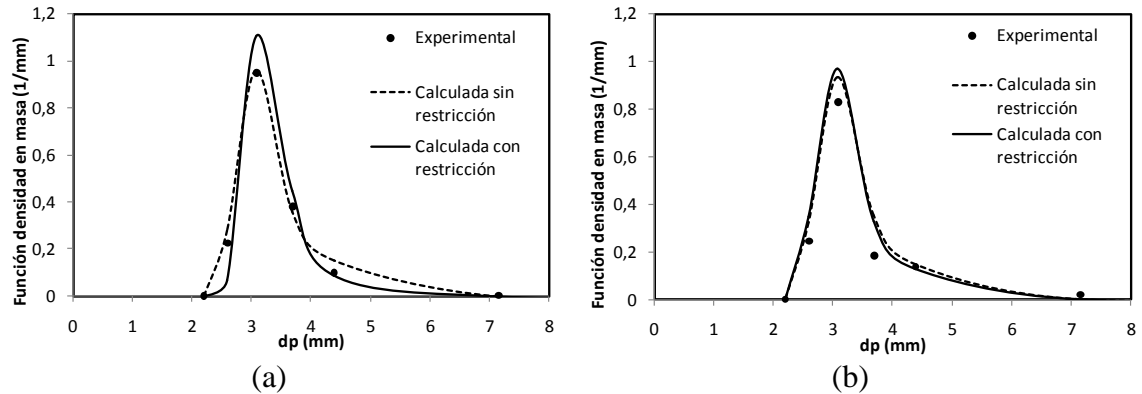


FIGURA 2. PSDs experimental y calculadas para un caudal de urea fundida igual a 4 g/s.

En la Figura 2 también se muestra la PSD calculada mediante la optimización con restricción, siendo el ajuste aceptable. En la Figura 3 se presentan las PSDs calculada (optimización con restricción) y experimental para un caudal de urea fundida intermedio (10,9 g/s) y para el mayor caudal de urea fundida ensayado (17,4 g/s), a los cuales

corresponden una fracción de aglomerados de 18,9 y 38,9%, respectivamente. Se observa un buen acuerdo entre PSDs predicha y experimental.



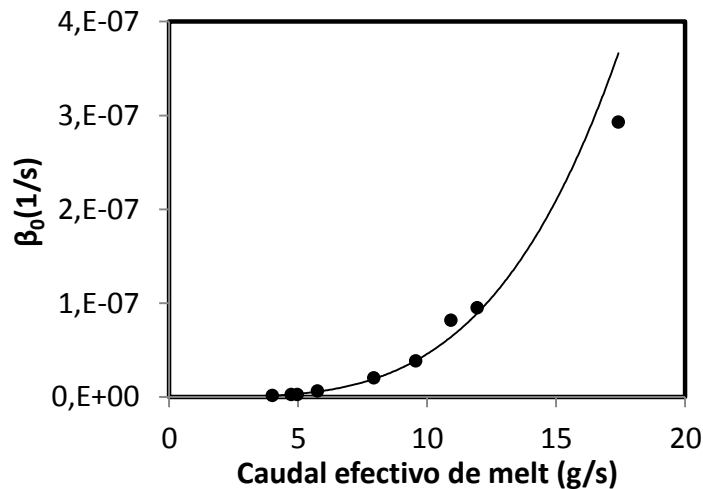
**FIGURA 3.** PSDs experimental y calculada para un caudal de urea fundida igual a a) 10,9 g/s y b) 17,4 g/s.

Utilizando los resultados obtenidos de las optimizaciones para las 9 experiencias disponibles, se correlaciona exitosamente  $\beta_0$  con el caudal de urea fundida:

$$\beta_0 = 8,37 \times 10^{-12} \dot{m}^{3,74} \quad (19)$$

La Figura 4 muestra los valores de  $\beta_0$  calculados mediante optimización y la correlación presentada en la Ecuación 19.

Respecto al exponente  $q$ , los valores obtenidos oscilaron entre 0,05 y 0,06, excepto para el mayor caudal de urea fundida ensayado (17,4 g/s) donde resultó  $q = 0$ .



**FIGURA 4.** Valores obtenidos de  $\beta_0$  para las experiencias realizadas.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que las cinéticas propuestas para el aumento de tamaño por recubrimiento y aglomeración de las partículas de urea permiten reproducir aceptablemente las PSDs y satisfacer simultáneamente las fracciones máscas de aglomerados del producto granular. Como es de esperar, a medida que aumenta el caudal de urea fundida, el factor  $\beta_0$  también aumenta para favorecer la aparición de aglomerados. Respecto a la cinética de recubrimiento, los valores del factor  $q$  encontrados revelaron un leve alejamiento del régimen de mezclado perfecto.

En futuras contribuciones, se prevé modificar condiciones de proceso que en este

trabajo se mantuvieron constantes (e.g., velocidad de aire de fluidización, diámetro inicial de partículas, etc.) y generalizar las correlaciones de los parámetros ajustados incorporando dichas variables operativas. Así, se espera desarrollar un modelo matemático con cinéticas de aumento de tamaño realistas que pueda ser utilizado para explorar diferentes escenarios de operación que conduzcan a productos granulares con la calidad granulométrica deseada.

### **Bibliografía**

- Bertin, D.; Cotabarren, I., Piña, J., Bucalá, V. (2014). Population Balance Discretization for Growth, Attrition, Aggregation, Breakage and Nucleation, Computers & Chemical Engineering, enviado.
- Hasltensen, M.; de Bakker, P.; Esbensen, K.H. (2006). Acoustic Chemometric Monitoring of an Industrial Granulation Production Process—a PAT feasibility study. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 84: 88-97.
- Litster, J.; Ennis, B.; Liu, L. (2006). The Science and Engineering of Granulation Processes. Particle Technology Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ramkrishna, D. (2000). Population Balances. Academic Press, London, England.
- Hounslow, M.J.; Ryall, R.L.; Marshall, V.R. (1988). Discretized population balance for nucleation, growth, and aggregation. AIChE Journal 34(11): 1821-1832.

## **09TCQ - ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN DE UN CICLÓN**

**PICO, L. O.; PETIT, H. A.; IRASSAR, E. F. BARBOSA, M.R.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. A. del Valle 5737 - (7400) Olavarría. Argentina**  
**E-mail: lpico@fio.unicen.edu.ar**

### **Resumen**

Actualmente, el diseño de separadores ciclónicos se basa en la combinación del conocimiento empírico y la aplicación de la fluidodinámica computacional (CFD). En este trabajo se estudia la eficiencia de separación de un ciclón correlacionando datos experimentales con simulaciones de flujo. Por otra parte, se analiza la resuspensión. Este fenómeno fue observado experimentalmente para velocidades de entrada cercanas a 16 m/s. La mayor eficiencia se obtiene para material pulverulento con mayor contenido de partículas gruesas. Las simulaciones logran reproducir adecuadamente las experiencias desarrolladas en el sistema de separación. Esta buena concordancia permitió validar los modelos numéricos, por lo que la extrapolación de éstos resulta razonablemente confiable.

### **1. Introducción**

Desde hace más de un siglo, los separadores ciclónicos se utilizan ampliamente en diversas industrias (Hoffmann and Stein, 2002). Tradicionalmente el diseño se realizó sobre una base de empirismos. En los últimos años, el desarrollo de la fluidodinámica computacional proporciona una poderosa herramienta en el estudio del flujo complejo en el ciclón (Chung, 2002). La combinación de ambas técnicas de estudio potencia la posibilidad de realizar de un modo pragmático el diseño de ciclones considerando demandas específicas de la industria.

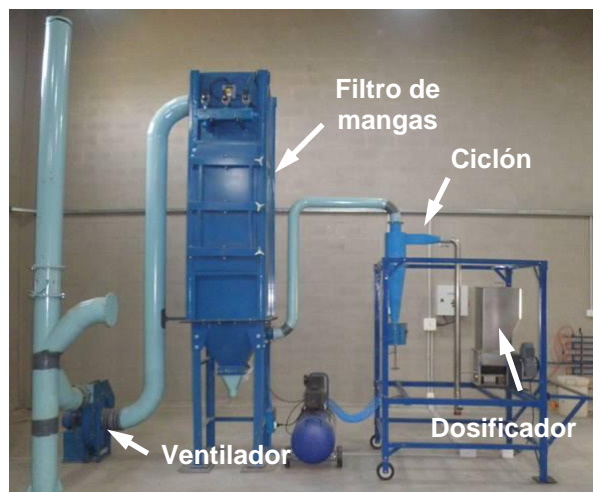
### **2. Objetivos**

Estudiar la eficiencia de separación de un ciclón correlacionando datos experimentales con simulaciones de flujo.

Analizar la influencia del fenómeno de resuspensión.

### **3. Metodología**

La planta piloto experimental consta de un ciclón, un dosificador de polvo, un filtro de nueve mangas de tela y un ventilador de 1,5 kW de potencia y 2840 rpm. El ciclón es de tipo Stairmand de 0,20 m de diámetro, con tolva de igual diámetro y 0,20 m de altura. La Figura 1 muestra una fotografía de las partes constituyentes de la planta piloto experimental. La velocidad de entrada de aire fue medida por medio de un tubo de Pitot.

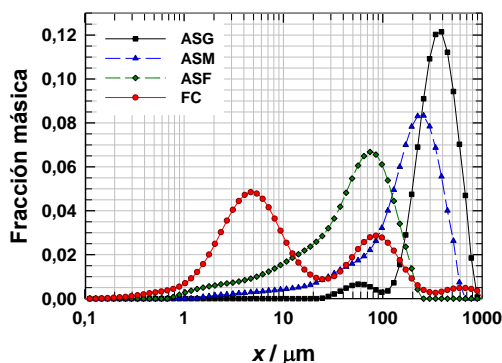


**Figura 1:** Fotografía de la planta piloto experimental.

Los materiales empleados para medir la separación y la eficiencia son polvos de cuatro granulometrías diferentes. La Tabla 1 muestra las características generales de cada una de ellos.

**Tabla 1:** Características de los polvos utilizados para las experiencias.

Polvo	Nomenclatura	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	$x_{min}$	$x_{10\%}$	$x_{50\%}$	$x_{90\%}$	$x_{max}$
			(μm)				
Arena sílicea gruesa	ASG	2630	24,6	183,1	348,9	586,8	893,4
Arena sílicea media	ASM	2630	1,35	35,4	189,2	388,8	590,2
Arena sílicea fina	ASF	2630	0,72	5,98	44,9	111	208,9
Filler calcáreo	FC	2680	0,15	1,99	7,63	124,7	893,4



**Figura 2:** Distribuciones granulométricas de los polvos utilizados en las experiencias.

En cada ensayo se inyectaron 200g de polvo, realizándose por triplicado. El contenido de polvo de todos los ensayos fue de 2 g/m<sup>3</sup>. Para mayores concentraciones, las eficiencias deben corregirse (Smolik, 1975; Hoffmann y Stein, 2002, Echeverri Londoño, 2006). Las muestras de polvo recolectado en tolva se pesaron con balanza de precisión de 1 g. Posteriormente se determinaron las curvas granulométricas correspondientes a las fracciones separadas. La eficiencia fraccional para cada partícula se determinó como la relación entre la fracción másica de la partícula colectada y la fracción másica de la partícula ingresante, Ec. 1. La eficiencia total se calculó con la Ec. 2 como la fracción de la masa total colectada a la masa total de polvo ingresante. El tamaño de corte,  $x_{50}$ , se determinó a partir de los gráficos de las curvas de eficiencia fraccional.

$$\eta_{(x)} = \frac{f_m(x)_c}{f_m(x)_{in}} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{m_c}{m_{in}} \quad (2)$$

Las experiencias se desarrollaron para velocidades de entrada de aire al ciclón de 10, 12, 14, 16, 18 y 20 m/s y temperatura ambiente de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Cuando la velocidad de entrada es lo suficientemente grande, se produce el fenómeno de resuspensión. La velocidad de entrada correspondiente se denomina “velocidad de saltación”  $v_s$ , y constituye un parámetro fundamental en el diseño de un ciclón (Kalen and Zenz, 1974; Dong-Chen and Chen, 1995). Kalen y Zenz propusieron expresiones semiempíricas para la velocidad de saltación y para la velocidad equivalente  $W$ , dadas por las Ecs. 3 y 4, respectivamente.

$$v_s = \frac{4.913 W K_b^{0.4} D^{0.067} \sqrt[3]{v_i^2}}{\sqrt[3]{1 - K_b}} \quad (3)$$

$$W = \left[ \frac{4 g \mu (\rho_p - \rho)}{3 \rho^2} \right]^{1/3} \quad (4)$$

Las correlaciones experimentales obtenidas por Kalen y Zenz muestran que la máxima eficiencia se obtiene cuando  $v_i = 1,25 v_s$ . Por otra parte, cuando  $v_i < 1,35 v_s$  no ocurre la resuspensión del polvo colectado (Licht, 1980; Salcedo y Cândido, 2001). En consecuencia, todo régimen de flujo en el ciclón en el que  $v_i \geq 1,35 v_s$  será indicador de posible resuspensión. La velocidad de entrada máxima teórica que admite la corriente de aire sin que se produzca la resuspensión en el ciclón estudiado para  $T = 20^\circ\text{C}$  es, según la Ec. 3, aproximadamente 17,3 m/s. Se adoptó como criterio de inicio de la resuspensión del material recolectado cuando la eficiencia total comienza a disminuir con el aumento de la velocidad de entrada.

La metodología numérico-computacional comprendió simulaciones en iguales condiciones a las utilizadas en la parte experimental. Se evaluó la influencia de la velocidad de entrada sobre la eficiencia y el tamaño de corte. Tradicionalmente, los flujos turbulentos han sido calculados empleando las ecuaciones de Navier-Stokes. Estas ecuaciones se pueden resolver por métodos numéricos. Entre los más utilizados pueden mencionarse LES (Large Eddy Simulations) y RSTM (Reynolds Stress Tensor Method) que tiene menor demanda de hardware y se adecua bien a los fines ingenieriles. Se desarrolló un modelo numérico de un ciclón Stairmand de 0,20 m de diámetro para contrastarlo con los resultados experimentales. La Figura 3 muestra el

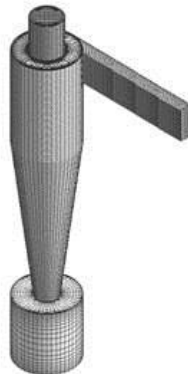


Figura 3: Malla de volúmenes finitos para la simulación computacional del flujo en el ciclón.



dominio computacional empleado en el código de CFD, que contiene aproximadamente 280000 celdas. Se utilizó una malla de volúmenes finitos semi-estructurada de tetraedros y hexaedros. En las zonas cercanas a las paredes del ciclón se usaron mallas más densas, para poder reproducir la capa límite del fluido. Se realizaron estudios preliminares de convergencia hasta que las soluciones numéricas resultaron independientes del tamaño de malla. Se variaron las condiciones de operación para poder establecer una zona de trabajo que considere tanto el límite impuesto por resuspensión  $v_i / v_s = 1,35$  como la caída de presión máxima de 2500 Pa. Aplicando la Ec. 1 se calculó la eficiencia fraccional para cada tamaño de partícula especificado. Posteriormente se construyeron las curvas de eficiencia fraccional o de grado de eficiencia (GEC) para cada modelo. A partir de las GEC obtenidas se determinó el tamaño de corte  $x_{50}$ , valor para el cual la partícula tiene una probabilidad del 50 % de ser recolectada.

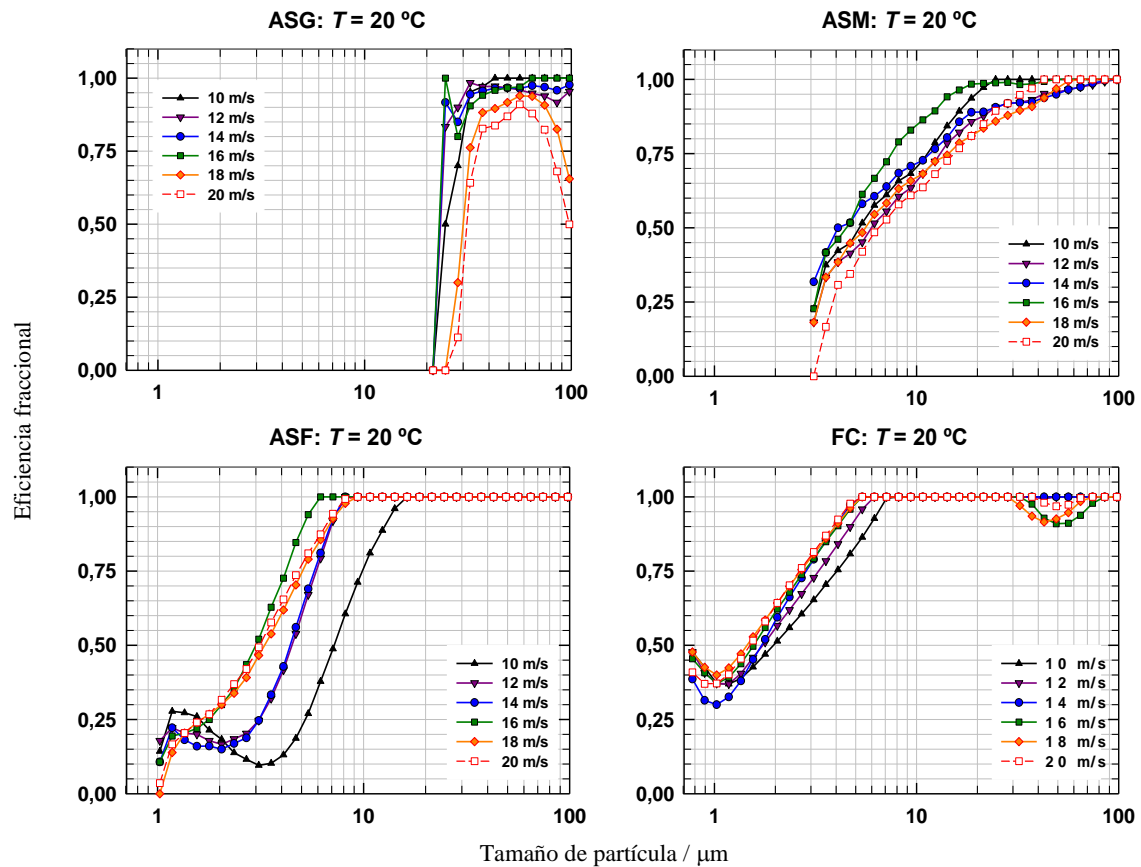
#### 4. Resultados y Discusión

Las masas recolectadas a 20°C, para cada uno de los polvos empleados se muestran en la Tabla 2. La Figura 4 muestra las curvas de eficiencia fraccional en función del tamaño de partícula, para todos los polvos estudiados y velocidades de entrada de aire ensayadas. Se puede observar la influencia de la granulometría de cada polvo sobre la curva de eficiencia fraccional.

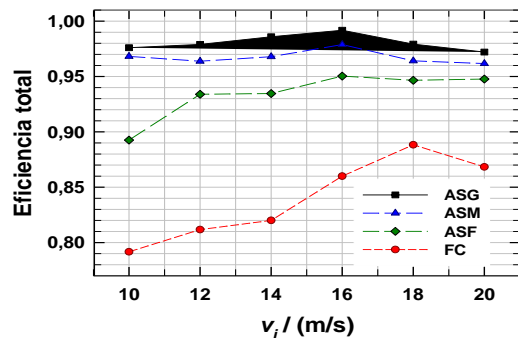
**Tabla 2:** Masas colectadas y Eficiencias totales.

	<b>ASG</b>	<b>ASM</b>	<b>ASF</b>	<b>FC</b>
$v_i / (\text{m/s})$	$m_c / \text{g}$	$m_c / \text{g}$	$m_c / \text{g}$	$m_c / \text{g}$
10	195,3	193,7	178,7	158,3
12	195,7	193,0	186,7	162,3
14	197,3	193,7	187,0	164,0
16	198,3	196,0	190,0	172,0
18	195,7	193,0	189,3	177,7
20	194,7	192,7	189,7	173,7

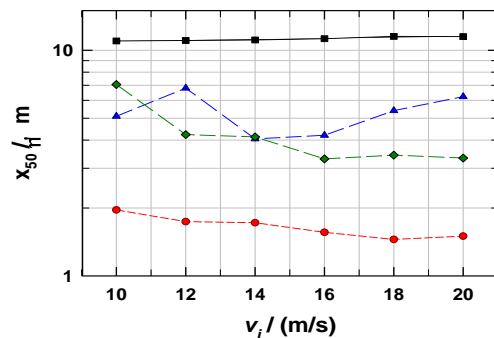
Las eficiencias totales se calcularon empleando la Ec. 2. La Figura 5 ilustra la eficiencia total promedio en función de la velocidad de entrada de aire al ciclón, para todos los polvos estudiados. Se puede apreciar la influencia de la granulometría de cada polvo sobre la eficiencia. La Figura 6 muestra el tamaño de corte en función de la velocidad de entrada de aire al ciclón, obtenido a partir de las curvas de eficiencia fraccional de la Figura 4, para todos los polvos estudiados. El polvo ASG tiene un tamaño de corte constante cercano a 11 micrones para todas las velocidades estudiadas entre 10 y 20 m/s, lo que significa que para este polvo, no se mejora el tamaño de corte con la velocidad. Esto se debe a que se trata de un polvo con alto contenido de partículas gruesas mayores que 100 micrones, y con muy poco contenido de partículas finas, menores que 10 micrones. El polvo ASM presenta un mínimo de alrededor de 4 micrones para velocidades de entrada comprendidas entre 14 y 16 m/s, lo que se corresponde con la máxima eficiencia total registrada para la última velocidad. Para velocidades superiores a 16 m/s, el tamaño de corte alcanza valores cercanos a 6 micrones, que conduce a un decaimiento de la eficiencia total. Para ASF, la tendencia general del tamaño de corte es decreciente con el aumento de la velocidad. Se observa



**Figura 4:** Eficiencia fraccional en función del tamaño de partícula. Para arena silícea gruesa (ASG), arena silícea media (ASM), arena silícea fina (ASF) y filler calcáreo (FC).



**Figura 5:** Eficiencia total en función de la velocidad de entrada de aire en el ciclón, para los polvos utilizados.

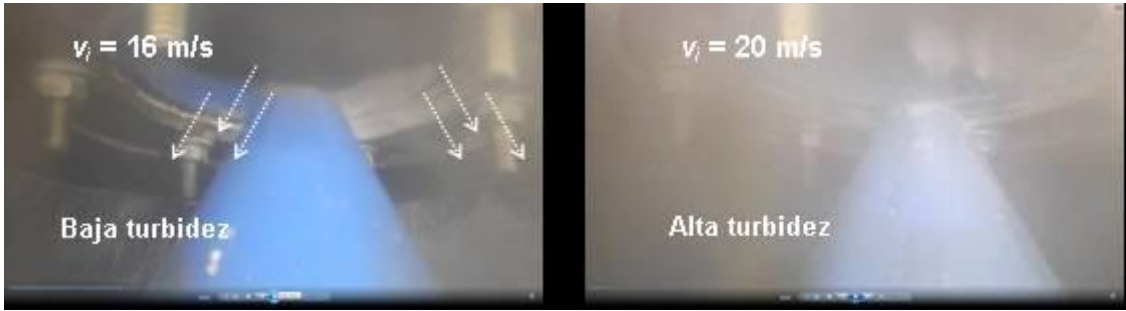


**Figura 6:** Tamaño de corte en función de la velocidad de entrada de aire en el ciclón para los polvos utilizados.

que el mínimo  $x_{50}$  ocurre para velocidades cercanas a 16 m/s, hecho que se correlaciona con la máxima eficiencia registrada. Para FC se aprecia un comportamiento decreciente del tamaño de corte con la velocidad, desde aproximadamente 2 micrones a 1,4 micrones. El mínimo valor registrado, 1,4  $\mu\text{m}$  para 18 m/s de velocidad de entrada de aire, tiene su correspondencia con el punto de máxima eficiencia total obtenida en el ciclón.

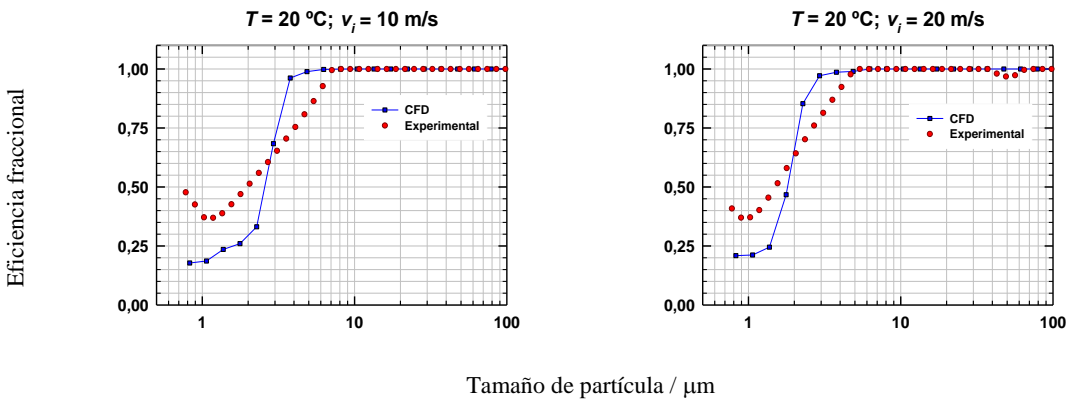
La Figura 7 muestra el ingreso de polvo de filler calcáreo en la tolva, para velocidades de entrada de 16 m/s y 20 m/s. Se puede observar la diferencia de turbidez: baja para 16 m/s y alta para 20 m/s. Para 16 m/s se obtiene un patrón de deposición similar al de

dunas suaves de playa. Esto es indicativo de que la corriente de flujo de aire no es lo



**Figura 7:** Ingreso de polvo a velocidad de entrada de 16 m/s y de 20 m/s.

suficientemente elevada como para provocar resuspensión de material colectado. Para 20 m/s el patrón de deposición de polvo presenta montículos escarpados, con un marcado arrastre de partículas, formando un valle entre montículos, lo cual es indicio de resuspensión. La Figura 8 muestra los resultados numéricos y experimentales obtenidos para filler calcáreo sometido a temperatura de 20°C del aire y velocidades de entrada de 10 y 20 m/s, respectivamente. Se aprecia que cuando aumenta la velocidad, las curvas de eficiencia tienen mayor grado de aproximación a los resultados experimentales. Los tamaños de corte obtenidos se muestran en la Tabla 3



**Figura 8:** Eficiencia fraccional del filler calcáreo en función del tamaño de partícula, para temperatura de 20°C, para velocidad de entrada de 10 m/s y de 20 m/s.

**Tabla 3:** Tamaño de corte en micrones, obtenido experimentalmente y mediante simulaciones numéricas, para velocidades de entrada de 10 y 20 m/s.

Método	$v_i = 10 \text{ m/s}$	$v_i = 20 \text{ m/s}$
Valor experimental	1,92	1,47
CFD	2,59	1,82

La Figura 9 muestra la distribución espacial de las partículas dentro del ciclón para condiciones de operación iguales a las utilizadas en las experiencias. Se observa la formación de un anillo estacionario de las partículas más grandes, en el rango de tamaños de 100 a 280 micrones, aproximadamente. Similares comportamientos acerca de este anillo fueron reportados numérica y experimentalmente por Wang et al. (2006), utilizando polvos de cerámica de alrededor de 100 micrones. Se aprecia además que las partículas más pequeñas, menores que 14 micrones, aproximadamente, logran escapar hacia el tubo de salida superior (vortex finder) con mayor probabilidad que las partículas más grandes. Cuando la velocidad de entrada aumenta, las curvas de

eficiencia fraccional se desvían de las clásicas formas en “S”. Este hecho puede relacionarse a la resuspensión, por la cual las partículas grandes estarían arrastrando a las partículas pequeñas hacia la tolva inferior.

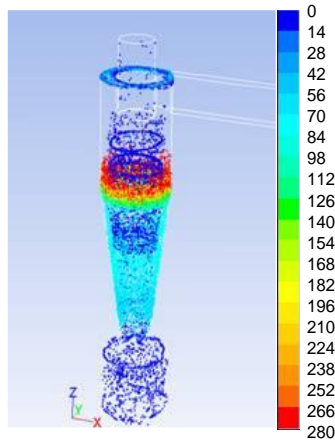


Figura 9: Capturas de imágenes que muestran el flujo de partículas de diferentes diámetros.  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $v_i = 10\text{ m/s}$ .

## 5. Conclusiones

La mayor eficiencia se obtiene para material pulverulento con mayor contenido de partículas gruesas. Las curvas experimentales de eficiencia fraccional muestran una mayor definición del tamaño de corte para materiales con mayor contenido de partículas finas. Las simulaciones logran reproducir adecuadamente las experiencias desarrolladas en el sistema de separación. Esta buena concordancia permitió validar los modelos numéricos, por lo que la extrapolación de éstos resulta razonablemente confiable. Se logró caracterizar el fenómeno de resuspensión, tanto desde el punto de vista experimental como mediante la simulación numérica.

## 6. Bibliografía

- Chung, T.J. (2002). Computational Fluid Dynamics. Cambridge Univ. Press, U.K. Ch. 21: 683-705.
- Dong Chen, X.; Chen, J. (1995). On gas recycling as a means of improving the operation of cyclones. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 34(4): 379-383.
- Echeverri Londoño, C.A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. Rev. Ing. Univ. Medellín, 5: 123-139.
- Hoffmann, A.C.; Stein, L.E. (2002). Gas Cyclones and Swirl Tubes. Second Edition. Springer Verlag, Berlín. Chapter fifteen: 341-342.
- Kalen, B.; Zenz, F.A. (1974). Theoretical Empirical Approach to Saltation Velocity in Cyclone Design. AIChE Symposium, 70 (137): 388-396.
- Licht, W. (1980). Basic Calculations for particulate collection. Air Pollution Control Engineering. Marcel Dekker: New York and Basel, Switzerland: 233-264.
- Salcedo, R.L.R.; Cândido, M.G. (2001). Global optimization of reverse-flow gas cyclones: application to small-scale cyclone design. Separation Science and Technology, 36(12): 2702-2731.
- Smolik, J. (1975). Air pollution abatement, part I, Scriptum N° 401-2099, Technical University of Prague.
- Wang, B.; Xu, D.L.; Chu, K.W.; Yu, A.B. (2006). Numerical study of gas-solid flow in a cyclone separator. Applied Mathematical Modelling, 30: 1326-1342.

## **10TCQ - MODELACION Y COMPARACION DE PROPIEDADES MATERIALES DURANTE LA EXTRACCION DE ACEITE DE COLZA**

**CASTRO, D.A.; ORDOÑEZ, A.L.; BALANZA, M.E.**

**Planta Piloto de Procesos Unitarios. Departamento de Ingeniería y Gestión,  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo.**  
[dcastro@fcai.uncu.edu.ar](mailto:dcastro@fcai.uncu.edu.ar)

### **Resumen**

La producción agropecuaria se enfrenta a la gran responsabilidad de dar valor agregado tanto a los productos y servicios primarios como a abastecer en cantidad y calidad el consumo interno y la demanda de las exportaciones, tanto en lo que respecta a alimentos como a precursores energéticos. En nuestro país el cultivo de colza se presenta como un producto capaz de satisfacer tales exigencias. Dado que el principal uso y aprovechamiento de la colza se vincula a la obtención de biodiesel por transesterificación, muchos esfuerzos están dirigidos a potenciar y optimizar la extracción del aceite de colza. Se planteó la necesidad de desarrollar un modelo de extracción de aceite específico para la semilla de colza, y cuantificar las propiedades materiales tanto de naturaleza mecánica como térmica y su comparación en orden de magnitud.

### **1- Introducción**

Los modelos matemáticos que describen la compresión mecánica de semillas aceiteras son, en general, de tipo empírico o de tipo teórico. (Bargale et al., 2000). Los modelos desarrollados para compresión uni-axial están basados en la teoría de consolidación de Terzaghi para suelos saturados (Mrema y McNulty 1985, Sivala et al, 1991, Singh and Singh 1991). Dentro de este grupo el modelo de Mrema y McNulty, 1985 fue el más difundido. Sin embargo, considerando las dificultades en la medición de la variación de las propiedades materiales, se resolvió el modelo estimando valores promedios. Basados en los modelos teóricos citados y en el modelo teórico descripto de Mrema y McNulty, Bargale y colaboradores, desarrollaron en 1997 equipamiento y metodología para medir las variaciones de las propiedades materiales de permeabilidad y consolidación para un lecho de semillas sometidas a presión mecánica y desarrollar un modelo teórico predictivo del rendimiento de extracción de aceite por compresión. Centrarón su investigación en dos semillas aceiteras con contenidos de aceite bien diferenciados: semillas de girasol, considerada como aceitera de alto contenido de aceite (40-45%), y porotos de soja, oleaginosa de bajo contenido de aceite (18-20%). En tal escenario estimaron que para cualquier semilla oleaginosa con contenido de aceite dentro del intervalo experimentado, es posible emplear su modelo predictivo del rendimiento de extracción. Sin embargo, se pone en evidencia que aún cuando su contenido de aceite es muy próximo al del girasol, las características morfológicas y geométricas de las semillas de colza son totalmente diferentes, fundamentando la necesidad de la investigación específica y aplicada a esta semilla.

La ecuación diferencial fundamental que gobierna el flujo de fluidos a través de sistemas saturados de dos fases establece que la velocidad de cambio de la presión de la

fase líquida en poros es proporcional al cambio del gradiente hidráulico de presión (Willems et al., 2008). Matemáticamente esto se describe como:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$c = \frac{k}{m_v \rho} \quad (2)$$

donde  $c$  es el coeficiente de consolidación ( $\text{m}^2/\text{s}$ ),  $k$  el coeficiente de permeabilidad ( $\text{m/s}$ ) y  $m_v$  coeficiente de cambio de volumen ( $\text{m}^2/\text{kN}$ ), todas propiedades materiales de naturaleza mecánica del medio comprimido. La solución de la ecuación fundamental, incluyendo la variación en el tiempo de tales propiedades, es:

$$u(z, t) = \frac{4 U_0}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n} \left( \text{sen} \left( \frac{n\pi z}{2H} \right) e^{-\left( \frac{n\pi}{2H} \right)^2 c(t)t} \right) \quad (3)$$

El volumen total de aceite extraído  $Q$  ( $\text{m}^3$ ) al tiempo  $t$  (s) es:

$$Q(t) = \frac{2 U_0 A_d}{\rho g H} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \left[ \cos \left( \frac{n\pi z}{2H} \right) \right] \left[ \int_0^t k(t) e^{-\left( \frac{n\pi}{2H} \right)^2 c(t)t} dt \right] \quad (4)$$

Por su parte, la transferencia de calor por conducción a través de un material sólido en condiciones de régimen no estacionario se describe por la ley de Fourier:

$$\rho * C_p * \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k \nabla T) \quad (5)$$

con

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_p} \quad (6)$$

donde  $\alpha$  es la difusividad térmica, ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). Resolviendo por Lagrange, (Alvarado y Aguilera, 2001), para condiciones de calentamiento constante  $N$  es:

$$\alpha = \frac{N R^2}{4(T_R - T_C)} \quad (7)$$

### Comparación entre consolidación mecánica y difusividad térmica. Analogías

La presión mecánica y la temperatura aplicadas al lecho de semillas para la extracción mecánica convencional son variables operativas que guardan relación con magnitudes de naturaleza diferente. Mientras que la presión se vincula con variables de naturaleza mecánica, la temperatura lo hace con variables de naturaleza térmica o del lecho de semillas. La presión mecánica produce modificaciones en el lecho de extracción,

relacionadas a la carga dinámica aplicada. Conforme transcurre el tiempo, el lecho de semillas aumenta el grado de consolidación en la medida que la torta de extracción reduce su contenido en aceite. En esta etapa se conjugan fenómenos simultáneos de transferencia de cantidad de movimiento y energía térmica. El coeficiente de consolidación mide la relación entre el coeficiente de permeabilidad y el coeficiente de cambio de volumen. Es decir, indica si la presión mecánica aplicada se consume en comprimir el lecho de semillas y extraer aceite fuera de las células. Por su parte la difusividad térmica es el parámetro típico vinculado a la temperatura. Cuantifica la habilidad de un material de almacenar energía térmica durante un proceso transitorio de transferencia de calor. Del análisis de la analogía surge la homogeneidad tanto en la naturaleza de los parámetros involucrados como en sus dimensiones. En efecto, la analogía permite relacionar dos fenómenos de transporte fundamentales en ingeniería de procesos: el transporte de la cantidad de movimiento, por efecto de un gradiente de presión, y el transporte de energía térmica, por efecto de un gradiente de temperatura. Así, mientras el coeficiente de consolidación es análogo a la variable termofísica difusividad térmica, el coeficiente de permeabilidad lo es a la conductividad térmica, y el coeficiente de cambio de volumen, lo es al calor específico.

## **2- Objetivos**

### ***Objetivo General***

Modelizar la extracción mecánica de aceite de semilla de colza.

### ***2.1.2 Objetivos Específicos***

1. Determinar el coeficiente de consolidación como propiedad material característica de un lecho de semillas de colza sometido a extracción mecánica.
2. Desarrollar un modelo matemático específico para la extracción mecánica del aceite de semilla de colza, incorporando la variación en el tiempo del coeficiente de consolidación, como propiedad material de relevancia.
3. Determinar el coeficiente de difusividad térmica de un lecho de semillas de colza sometido a presión mecánica.
4. Analizar analogías entre consolidación mecánica y difusividad térmica.

## **3- Metodología**

### **Evaluación de propiedades materiales**

A los fines de determinar la variación de las propiedades materiales tanto mecánicas como térmicas se diseñó y construyó un equipamiento que incluye de una prensa hidráulica con capacidad de carga axial máxima 12Tn, una cámara de extracción de acero inoxidable AISI 316, con diámetro interno de 36.2 mm y 125.0 mm de longitud, y un pistón que puede alcanzar presiones máximas del orden de 60 MPa, y es solidario a extensómetro. Para cada corrida se mantiene la presión en el nivel establecido en el diseño experimental por medio de un lazo de control hidráulico. En la parte inferior se dispone de un plato perforado que permite el egreso del aceite extraído. Se dispone de una sonda termopar tipo K para la medición de la temperatura, ubicada en el radio medio de la torta de extracción. Se fija y mantiene la temperatura de la torta de extracción a través de un lazo de control térmico provisto de un controlador PID AUTONICS TZ4. Para la determinación de la variación del coeficiente de

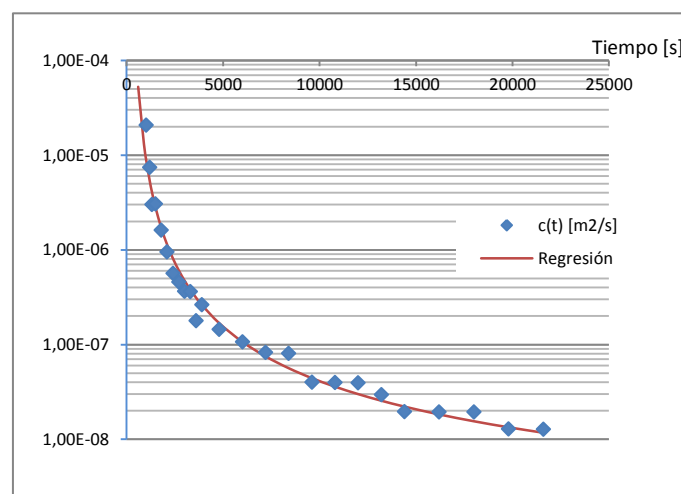
permeabilidad, en cada corrida experimental se midió la variación de la altura de lecho de compresión en el tiempo y los flujos volumétricos de aceite extraído. Para la determinación de la variación de coeficiente de cambio de volumen durante la compresión, se estableció un rango exploratorio de presión desde 0 hasta 50 MPa, con intervalos de 10 MPa. Luego se procedió a estimar la variación del coeficiente de consolidación y su modelo de ajuste. Tales propiedades materiales variables en el tiempo, juegan un rol relevante en la determinación del modelo específico que predice la extracción de aceite de una muestra de semillas de colza sometida a extracción mecánica convencional.

La determinación de la difusividad térmica se realizó empleando el equipamiento de compresión ya descrito, con la incorporación en el plato base de la cámara de extracción, de tres sondas de temperatura del tipo termopares Tipo K conectadas cada una a un Multímetro digital marca New Instrument”, modelo Sinometer MS8209 monocanal, de origen U.S.A. Exteriormente a la cámara de extracción se dispuso una resistencia eléctrica envolvente, por la que se hizo circular corriente eléctrica aportando energía térmica de calefacción. Como fuente de alimentación se usó una fuente digital estabilizada regulable de estado sólido, entrada 220 V en corriente alterna, salida ajustable en tensión desde 0.0 a 36.0 V, e intensidad de corriente regulable entre 0.0 y 1.0 A, marca MICRONICS SYSTEMS, de origen Francia. Se trabajó con un diseño experimental  $2^4$  tomando como variables independientes la tensión eléctrica aplicada al circuito de calefacción y la presión mecánica, ambas en cuatro niveles exploratorios. Durante el transcurso del tiempo y a intervalos de 10 segundos se midieron y registraron los valores de temperatura en el punto central y en el radio máximo. La presión aplicada se estableció en 4 niveles: 0.0, 25.0, 37.5 y 50.0 MPa.

#### 4- Resultados y Comentarios

##### Propiedades materiales. Coeficiente de consolidación

La figura 1 muestra la variación del coeficiente de consolidación como una función del tiempo para una muestra de semillas de colza sometida a presión de 50 MPa y 48 °C de temperatura de compresión, y el modelo de regresión ajustado.



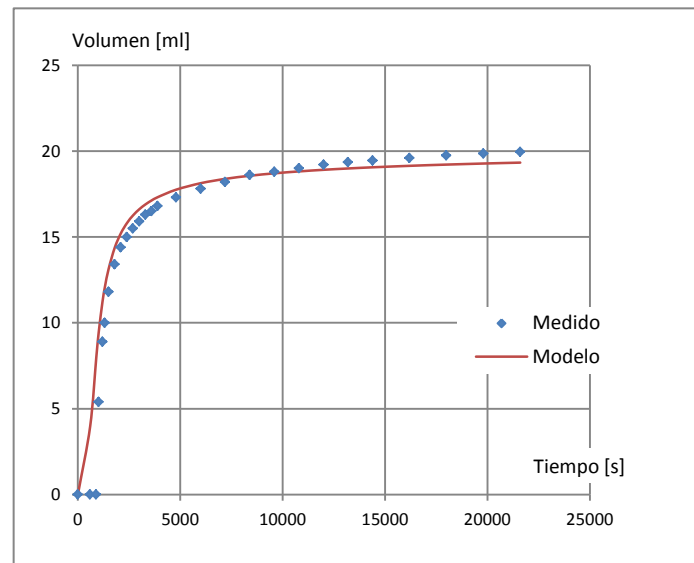
**Figura 1.** Variación del coeficiente de consolidación  $c(t)$  [m²/s] en el tiempo para una muestra de semillas de colza sometida a presión de 50 MPa y 48 °C de temperatura de compresión y su contrastación con el modelo regresión.



Para tiempos experimentales comprendidos entre 1200 y 3600 segundos los valores del coeficiente de consolidación están comprendidos entre  $7,38 \times 10^{-6}$  y  $1,78 \times 10^{-7}$  [m<sup>2</sup>/s]. A tiempos mayores a una hora el coeficiente de consolidación disminuye en más de un orden de magnitud. No hay información en la literatura, solamente Mrema & McNulty 1985, reportaron para la semilla de colza un valor de consolidación promedio de  $6,30 \times 10^{-6}$  [m<sup>2</sup>/s] bajo condiciones experimentales semejantes a las ensayadas.

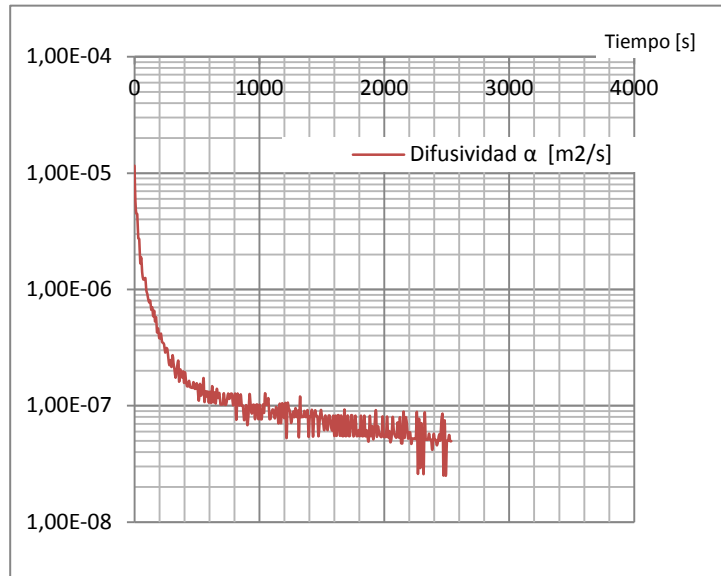
### Evaluación del modelo de Bargale para la semilla de colza

Luego de estimar la variación en el tiempo de los coeficientes de permeabilidad y consolidación se evaluó numéricamente el modelo de Bargale con la inclusión de tales propiedades materiales. En las figuras 2 se comparan los valores experimentales del volumen de aceite extraído con el modelo ajustado.



**Figura 2.** Comparación entre valores experimentales y modelo predictivo del volumen [ml] de aceite extraído para una muestra de semillas de colza sometida a presión de 50 MPa y 48 °C de temperatura de compresión.

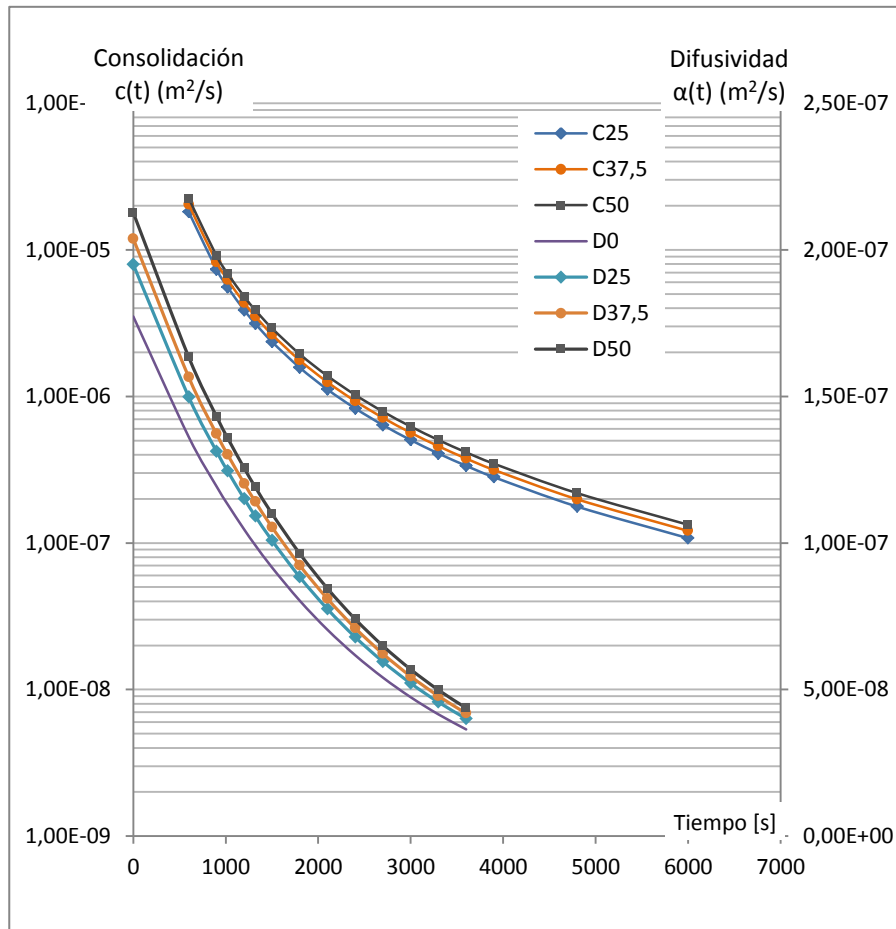
**Figura 3.** Variación de la difusividad térmica con el tiempo para una muestra de semillas de colza en



etapa inicial y lineal del período de calentamiento. (Presión: 0,0 MPa)

### Propiedades materiales. Difusividad térmica

En la figura 3 se muestra la variación completa de la difusividad térmica versus el tiempo experimental para el período de calentamiento para una corrida característica. Se pone de manifiesto la variación de los datos calculados sobre todo en el período inicial, mientras que sobre la fase lineal del período de calentamiento la dispersión es más atenuada. Los valores determinados de difusividad térmica, comprendidos en el intervalo  $1,66$  a  $6,99 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ , son inferiores tanto a los reportados para pulpas de frutas, que oscilan entre  $1,25$  y  $1,81 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , como a los reportados para algunos tubérculos, que varían entre  $1,28$  y  $1,69 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ .



**Figura 4.** Comparación entre consolidación mecánica y difusividad térmica.

### Comparación entre consolidación mecánica y difusividad térmica. Analogías

La figura 4 muestra dos familias de curvas que representan los coeficientes de consolidación  $c(t)$  y la difusividad térmica  $\alpha(t)$  versus el tiempo, para distintos valores de presión mecánica. El familia de 3 curvas, ubicada por encima, que representa los coeficientes de consolidación, se lee sobre el eje vertical izquierdo o principal. Por su parte, la familia de 4 curvas ubicada por debajo de la primera, describe la variación de la difusividad térmica con el transcurso del tiempo y debe ser leída sobre el eje vertical derecho o secundario. Con relación a la analogía entre el coeficiente de consolidación y la difusividad térmica se destaca que los coeficientes de consolidación son, en promedio, entre 1 a 2 órdenes de magnitud mayores que los que corresponden a la difusividad térmica. Es importante resaltar que tal comparación es válida teniendo en cuenta que la determinación de la difusividad térmica está limitada y restringida al período de linealidad de la temperatura versus el tiempo. En virtud de lo anterior se puede concluir que el lecho de semillas de colza sometido a presión mecánica uni axial y temperatura de compresión parametrizada, evidencia más facilidad para la consolidación mecánica que para la transferencia de energía térmica.

## 5- Conclusiones

La inclusión de la variación de las propiedades materiales en el tiempo en el modelo de predicción, en lugar de tomar un valor medio constante, ajusta la predicción a los datos

experimentales y da fortaleza y pertinencia específica para la semilla de colza al modelo de Bargale, desarrollado en su origen para otras oleaginosas.

Los parámetros que resultan significativos para la determinación de la difusividad térmica son la velocidad de calentamiento y la presión mecánica aplicada.

Los valores del coeficiente de consolidación, como variable característica de naturaleza mecánica vinculada al esfuerzo mecánico de compresión, son en promedio 1 a 2 órdenes de magnitud mayores que los que corresponden a la difusividad térmica, como variable característica que describe el transporte de energía térmica por aplicación de gradiente de temperatura.

## **6- Bibliografía**

Alvarado, J.d D.; Aguilera, J.M.; Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. 2001. Editorial ACRIBIA S.A. ISBN: 9788420009391

Bargale, P.C., Wulfsohn, D., Irudayaraj, J., Ford, R., Sosulski, F., Prediction of Oil Expression by Uniaxial Compression using Time-varying Oilseed Properties. J. agric. Engng Res.77 171-181 (2000).

Bargale, P.C.; Ford, R.J.; Wulfsohn, J.: Measurement of Consolidation and Permeability Properties of Extruded Soy under Mechanical Pressing. J. agric. Engineering Res. 74 (1999) 155-165.

Bargale, P.C.: Mechanical Oil Expression from Selected Oilseeds under Uniaxial Compression. Tesis Doctoral. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá, 1997.

Castro, D.; Membrives, F.; Balanza, M.; Ordoñez, A.; Castro, M.; Gentile, A. (2009). Evaluación experimental preliminar de rendimiento de extracción de aceite de semillas de colza por extracción mecánica convencional. EnIDI 2009. Resúmenes ISBN 978-950-42-0121-2

Huang, L.; Lin-Shu, L.: Simultaneous determination of thermal conductivity and thermal diffusivity of food and agricultural materials using a transient plane-source method. Journal of Food Engineering 95, 179-185. (2009)

Mrema G.C.; McNulty P.B. Mathematical model of mechanical oil expression from oilseeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 31 (5), 361 – 370. (1985).

Sivala, K.; Vasudeka, V.; Sarangi, S.: Mathematical modelling of rice bran oil expression. Journal of Food Process Engineering. 14 51-68 (1991).

Terzaghi, K.; Theoretical Soil Mechanics, Wiley, New York, NY (1943).

Willems, P.; Kuipers, N.J.; De Hann, A.B.: Hydraulic pressing of oilseeds: Experimental determination and modeling of yield and pressing rates. Journal of Food Engineering 89, 8-16. (2008).

## **11TCQ - CEIBO: UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA EL DISEÑO INHERENTEMENTE SEGURO DE PROCESOS**

**PONZONE, D.<sup>1</sup>; VISCUSO, S.<sup>1</sup>; BISCOTTI, P.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, N.<sup>1</sup>; GODOY, S.<sup>1</sup>; SCENNA, N.<sup>1</sup>**

**1. Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería, CAIMI (UTN-FRRO). Universidad Tecnológica Nacional.  
sm\_godoy@yahoo.com.ar**

### **Resumen**

La filosofía del diseño inherentemente seguro trata de identificar y mitigar los riesgos desde una etapa temprana del diseño de procesos. En este trabajo se presentan los avances en el desarrollo de una herramienta informática para evaluación de riesgos en plantas químicas, en la etapa de diseño, simulando los posibles escenarios que se pueden presentar, para así poder tomar medidas tempranas tendientes a mitigar la magnitud de los riesgos.

Uno de los factores importantes es la distribución espacial de los equipos. No tomar medidas en cuanto a la correcta distribución de los mismos implicaría un riesgo mayor, ya que al producirse un accidente en uno de ellos podría desencadenar otros eventos en los equipos comprendidos dentro de la zona de afectación e incrementar el riesgo al que se encuentra expuesto el personal que trabaja en la planta (efecto dominó).

Para encarar esta problemática, se ha avanzado diseñando un prototipo que se integra a un simulador de procesos (HYSYS), pero que es aplicable a cualquier otro simulador. Dado que HYSYS permite resolver los balances de materia y energía, como así también el dimensionamiento de los diversos equipos, para una gran variedad de procesos químicos, petroquímicos, biorefinerías, sistemas de producción de energía, entre otros; y es una herramienta muy utilizada en la industria, resulta muy importante acoplarla a sistemas que permitan avanzar hacia un diseño sustentable.

### **1. Introducción**

Existen hoy preocupaciones crecientes acerca de la problemática asociada al desarrollo sustentable, creándose un ambiente propicio para la generación de nuevos métodos de diseño y gerenciamiento operacional.

Uno de los puntos más importantes para el éxito de una herramienta de diseño inherentemente seguro es contar con adecuadas metodologías para el Cálculo de Distancias de impacto ante accidentes tecnológicos. La evaluación cuantitativa del riesgo tecnológico solo es completa cuando, además de determinarse la probabilidad de ocurrencia de un accidente o falla, se conoce la magnitud de los efectos físicos a través del daño provocado sobre las personas, el ambiente y/o los bienes materiales. En la actualidad, la evaluación de las consecuencias de incendios, explosiones y escapes de sustancias tóxicas se basa en la aplicación de modelos matemáticos de simulación que con frecuencia son complejos, dada la naturaleza estocástica de las variables involucradas (meteorología, caudales de fuga, etc.). Resulta claro que las técnicas de identificación y evaluación de riesgos así como los estudios de vulnerabilidad son necesarios a la hora de implementar planes de emergencia, dado que nos permiten prevenir eventos catastróficos o mitigar sus efectos una vez producidos.

La mayoría de los incidentes con eventos indeseables que conducen a una situación de emergencia son provocados por pequeñas alteraciones o desviaciones de las condiciones normales de operación o funcionamiento de una variable determinada del proceso. El problema es la evolución encadenada de eventos que concluyen, a veces, en accidentes mayores. Si es posible identificar las causas potenciales de un accidente y estimar sus consecuencias, pueden adoptarse diferentes cursos de acción para minimizar la probabilidad de ocurrencia de eventos que provocan emergencias o reducir el impacto del accidente u incidente sobre las personas, la propiedad y el medio ambiente en general.

Un simulador de procesos al disponer de bases de datos para la estimación de propiedades fisicoquímicas, para el diseño de equipos, entre otras posibilidades, permite obtener una gran cantidad de datos del proceso (como ser: flujo, temperatura, presión, composición, propiedades físicas, químicas y termodinámicas de las sustancias, y también parámetros de diseño, tales como áreas, volúmenes, superficie ocupada, entre otros); siendo por lo tanto posible tomar toda esta información y compartirla adecuadamente, junto a otra necesaria que debe ingresarse por el usuario, para emprender por ejemplo simulaciones de consecuencias ante derrames y otros eventos peligrosos.

Dentro de este contexto, se desarrolla el prototipo CEIBO que permite, por un lado, dialogar al Simulador con diversos programas de evaluación de consecuencias ante derrames de sustancias peligrosas, y por otro, con un software para la generación automática de la distribución de equipos en planta (layout) a partir de un caso simulado con HYSYS, lo cual hace posible disponer de una base topológica para los cálculos de vulnerabilidad ante accidentes tecnológicos.

Por otra parte, al ingresar un caso en HYSYS, pensando en el diseño, solo nos interesa la topología del proceso, las sustancias involucradas y las condiciones de operación. Por lo tanto, es necesario generar una metodología que no solo obtenga un layout a partir del caso incorporado a HYSYS, sino que sea capaz, dado la realización de cambios propuestos sobre el layout; de reflejar la nueva estructura en el diagrama de flujo de información del simulador (topología), es decir, el caso de simulación de la planta, cargado en HYSYS.

## **2. Objetivos**

Presentar los avances en el desarrollo de CEIBO, una herramienta informática para evaluación de riesgos en plantas químicas, simulando los posibles escenarios de fuga que se pueden presentar a través de un caso de estudio particular.

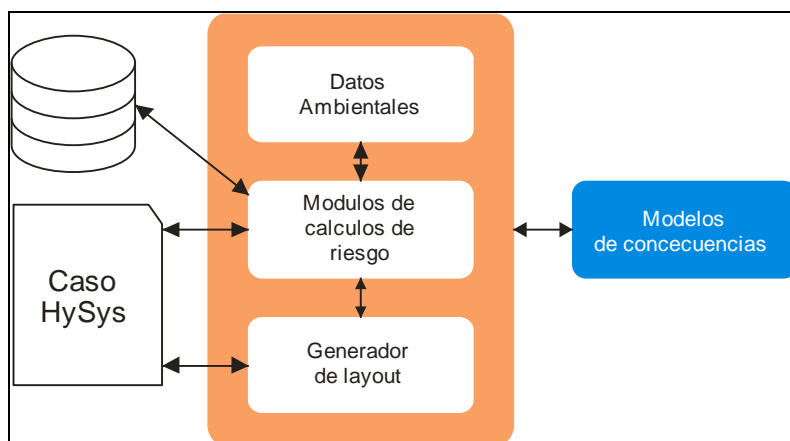
## **3. Metodología. Descripción general del Sistema**

El software (CEIBO), que está en fase de desarrollo, interactúa con sistemas de simulación de procesos (HYSYS), importando información disponible sobre las sustancias y equipos, presentes en un caso de estudio. Esta información puede utilizarse tanto para realizar los diferentes cálculos de riesgos ante potenciales accidentes, como para evaluar los factores críticos para el cálculo, la frecuencia de ocurrencia y las consecuencias, o vulnerabilidad del entorno en forma independiente.

Así mismo el software permite exportar datos para ser procesados por sistemas independientes de cálculos de consecuencias, vulnerabilidad, frecuencias o riesgo.

Específicamente, se necesita contar con un caso de HYSYS, que presente el flowsheet de un proceso, con toda la información de las sustancias intervinientes en el mismo y de las condiciones que soportan los equipos a través de dicho proceso.

CEIBO cuenta con 3 módulos principales: módulo de cálculo de riesgo, módulo de datos ambientales y un generador de Layout (Figura 1).



**Figura 1.** Estructura de CEIBO

Los submódulos disponibles dentro del módulo de cálculo de riesgos programados hasta el momento son:

- Árboles de eventos
- Fuga (tanto líquida, como gaseosa o mixta)
- Evaporación de charcos
- Incendios: Charcos (confinados o no confinados), BLEVE, Jet-Fire

### 3.1. Módulo generador de Layout

Para el módulo generador de Layout, es importante contar previamente con un plano detallado de cañerías, válvulas y equipos conexos. Esto puede lograrse utilizando diversos softwares auxiliares disponibles en HYSYS. Por lo tanto, es factible disponer del “piping” asociado a un caso de estudio simulado, al igual que el diagrama isométrico correspondiente.

Así, en base a los equipos presentes en el flowsheet, el usuario puede definir la posición y dimensiones que tendrán estos en el terreno.

Toda la información recopilada desde HYSYS, de los diferentes equipos, como así también la información ingresada por el usuario (posición, dimensión), junto con los datos del terreno donde se encuentra la planta, se puede guardar en archivos, para la posterior reutilización y/o modificación.

Existe la opción de “provocar” un evento en cualquiera de los equipos presentes en el layout para ver cuáles serían las consecuencias que sufrirían las personas, los demás equipos de la planta, los edificios y el ambiente que lo rodean. Para este fin, se genera un árbol de eventos donde se pueden definir las probabilidades de ocurrencia de cada

evento, como así también elegir si se simularán todos los escenarios posibles o solo algunos de ellos, dependiendo de las necesidades e intereses que tenga el usuario.

Una vez que se estableció el árbol de eventos y se definió la metodología a utilizar, el sistema procede a la recopilación de la información necesaria para realizar los cálculos. Algunos de estos datos, los encuentra presentes en el propio caso de hysys, otros fueron definidos por el usuario en el módulo de datos ambientales y los datos faltantes, pide al usuario que los ingrese oportunamente.

### **3.2. Módulos de cálculo de riesgo**

Este módulo contiene varios submódulos capaces de obtener información necesaria de un caso HYSYS y de interactuar con el módulo de datos ambientales, como así también con los demás submódulos de cálculo de riesgo. Si necesitaran más información de la que posee, el usuario puede ingresarla manualmente.

Una vez obtenida toda la información necesaria para realizar los cálculos, son capaces de mostrar diferentes magnitudes que el usuario pueda interpretar directamente o utilizar para otros cálculos relacionados.

**Submódulo Fuga:** generalmente una fuga es el comienzo de una situación riesgosa. Este módulo permite calcular el flujo másico, volumen y masa fugados, así como el área del charco formado, a partir de información tal como tipo y propiedades de la/s sustancia/s interviniente/s, nivel de la misma dentro del contenedor, presión, temperatura, diámetro de orificio, tiempo de fuga, entre otras.

**Submódulo evaporación:** cuando se forma un charco, la sustancia contenida en este puede evaporarse. Este módulo permite estimar la masa evaporada, la velocidad de evaporación y el coeficiente de transferencia de masa, a partir de los datos de la sustancia, ambientales y área del charco.

**Submódulo incendio de charco:** cuando se forma un charco de una sustancia inflamable, éste se puede incendiar. Éste módulo permite obtener la curva de radiación recibida según la distancia del observador, a partir de información relativa a calor de vaporización, calor de combustión, punto de ebullición, capacidad calorífica, distancia del receptor, datos ambientales (presión, temperatura, velocidad de viento), velocidad fuga, entre otros.

**Submódulo incendio jet:** cuando se incendia una fuga gaseosa continua, se puede formar una llamarada. Este módulo también permite obtener la curva de radiación recibida según la distancia del observador, a partir de información relativa a calor de vaporización, calor de combustión, punto de ebullición, capacidad calorífica, distancia del receptor, datos ambientales (presión, temperatura, humedad, velocidad de viento), velocidad fuga, entre otros.

### **3.3. Módulos de datos ambientales**

En este módulo no se realizan cálculos, sólo se ingresan las condiciones ambientales tales como temperatura ambiente y del suelo, humedad relativa y absoluta, presión, velocidad y dirección del viento, rugosidad de la superficie; a utilizar por otros módulos de cálculo.

## **4. Resultados**

En esta sección se muestra la aplicación del sistema desarrollado a un caso de estudio particular (Figuras 2 a 8).

Se presentan las interfaces graficas de ingreso de información a los distintos módulos,

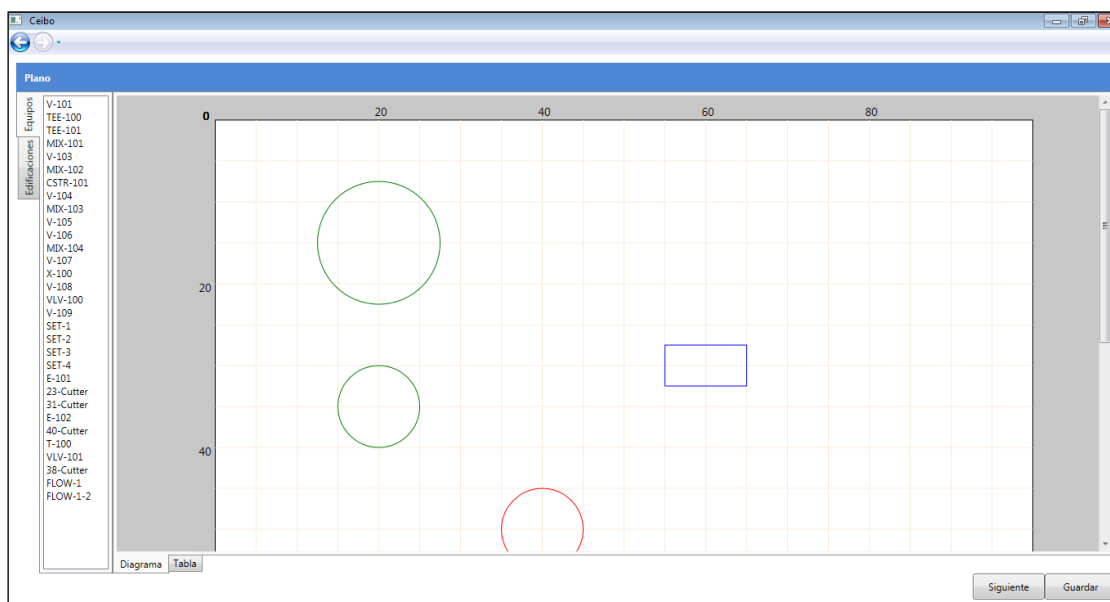


así como la visualización de resultados obtenidos al ejecutar el sistema desarrollado (CEIBO) según la secuencia real de cálculos, y correspondientes a la simulación de una fuga de metanol en dos tanques de almacenamiento dentro de un proceso continuo de obtención de biodiesel a partir de aceite de soja.

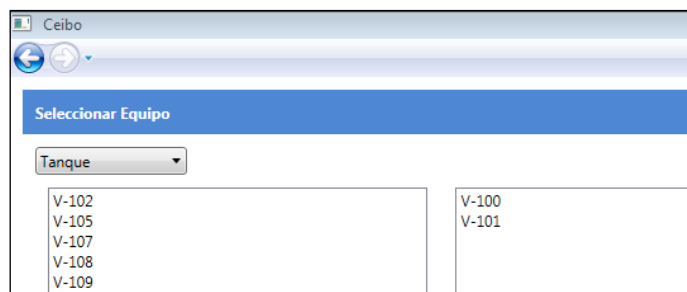
El modelo de fuga implementado se tomó de la Norma API 581 (API, 2000). Para este caso se asumen que las fugas en cada tanque provienen de orificios ubicados en la base del los mismos, y se simulan dos tamaños de agujeros también basados en valores propuestos por dicha Norma.

Los escenarios estudiados corresponden a la posible ignición o no ignición de una fuga líquida. En el caso de ignición, se analiza la posibilidad de incendio del charco o chorro de fuego (Jet- Fire) (Ver Figura 7).

Como resultado se obtienen las curvas de radiación para cada caso en función de la distancia (Figura 8). Definiendo previamente los niveles de daño según la radiación recibida, pueden determinarse distancias de impacto que pueden volcarse en el gráfico del layout generado por el Módulo Layout (Figura 2).



**Figura 2.** Layout del sector de la planta estudiado



**Figura 3.** Selección de equipo del proceso

**Definir Condiciones Ambientales**

**Condiciones Climáticas**

Presión Ambiente: 101325 Pa

Temperatura Ambiente: 293,15 K

Humedad Relativa: 50 %

Humedad Absoluta: 0

**Condiciones Superficie**

Rugosidad superficie: Mar (0,0002)


Estabilidad: A

Temperatura superficie: 293,15 K

**Condiciones Viento**

Velocidad viento a 10m: 0 m/s

Velocidad viento a 1,6m: 0 m/s

Dirección Viento:  33

**Figura 4.** Definición de condiciones ambientales

**Definir Valores**

**Diámetro del Orificio**

☒ 0,25"  
☒ 1"  
☐ 4"  
☐ Otro

**Tiempo de Fuga**: mm seg

**Altura Charco**: 2 mm

**Presión sobre el Líquido**: 1 Atm

**Coefficientes**

**Coefficiente de Entrada**: 1

**Coefficiente de Salida**: 0,5

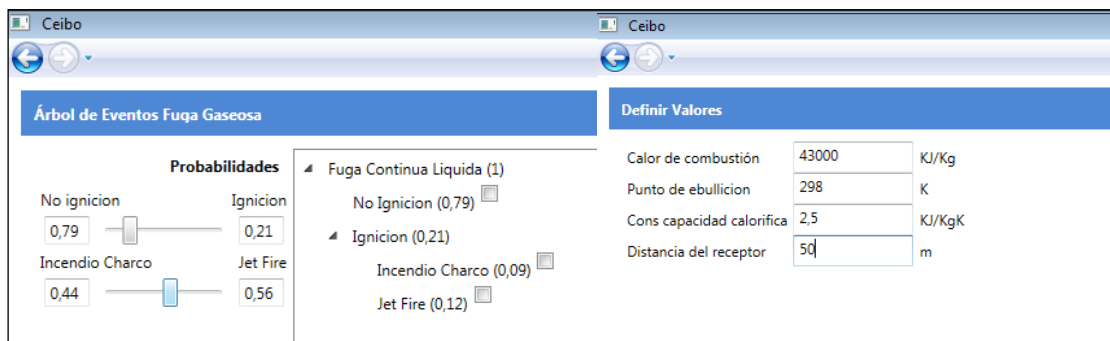
**Otros Coeficientes**: 0

**Total**: 1,5

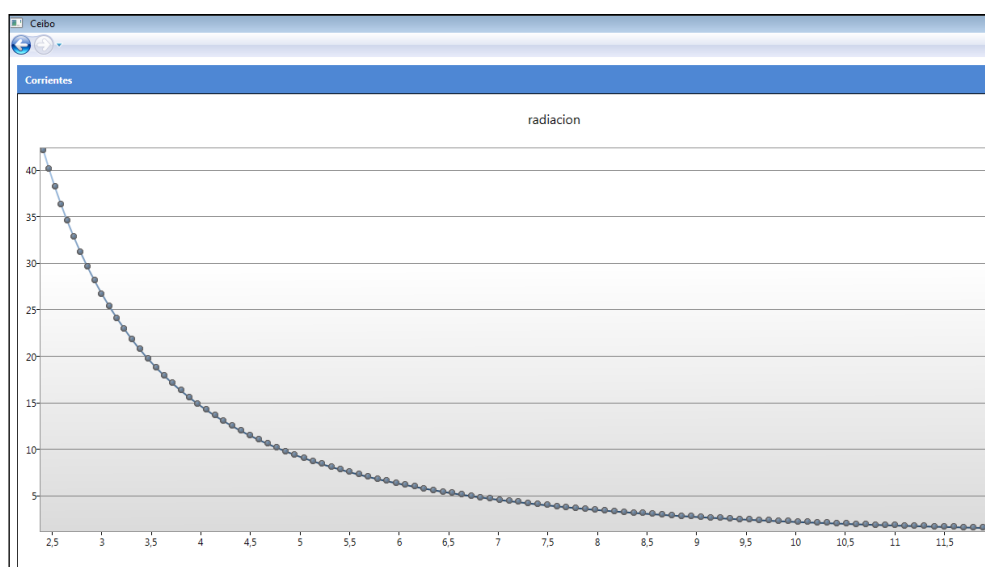
**Figura 5.** Definición de parámetros para el cálculo de fuga

Corrientes								
Sustancia	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	Diámetro del orificio [m]	Presion [Pa]	Peso molecular [Kg/mol]	Flujo Másico [Kg/s]	Masa Fugada [Kg]	Area del charco [m <sup>2</sup> ]	Velocidad de Evaporación [m/s]
21 100% LIQUIDO	748.223	0.25	84715.538	32.042	0.203	731.332	488.713	2.720705
13 100% LIQUIDO	748.222	0.25	84715.538	32.042	0.203	731.331	488.713	2.720705
21 100% LIQUIDO	748.223	1	84715.538	32.042	3.25	5850.659	3909.701	21.765623
13 100% LIQUIDO	748.222	1	84715.538	32.042	3.25	5850.652	3909.701	21.765623

**Figura 6.** Estimación de fuga para las sustancias involucradas



**Figura 7.** Definición de escenarios de riesgo (árbol de eventos)



**Figura 8.** Curva de radiación en función de la distancia al receptor

## 5. Conclusiones

Como puede observarse en la sección anterior, resulta de suma utilidad lograr un ambiente informático que integre un simulador de procesos, en este caso HYSYS, con el software adecuado para el cálculo del riesgo tecnológico al cual está sometido una determinada zona geográfica debido a derrames o fugas que provoquen incendio, explosión, toxicidad, entre otros escenarios peligrosos.

De lo expuesto se desprende que tanto la metodología empleada como el software implementado son un punto de partida, dado que al presente, al estar en una fase de desarrollo, carece de flexibilidad y generalidad. Avanzar en ambos sentidos, es decir, tanto en la instrumentación de la herramienta informática como en la definición de la metodología de diseño ante diversos casos de estudios con diferentes grados de complejidad, constituyen parte de los desafíos propuestos para trabajos futuros.

## 6. Bibliografía

API (2000). Risk-Based Inspection Base Resource Document (Washington, DC: American Petroleum Institute).

## 12TCQ - REFINADO INDUSTRIAL DE GLICERINA CRUDA OBTENIDA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

TRONCOSO, F.; GELY, C.; PAGANO, A.M.

Área de Procesos – TECSE, Depto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

[troncosofranco@hotmail.com](mailto:troncosofranco@hotmail.com), [apagano@fio.unicen.edu.ar](mailto:apagano@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo, se presenta el diseño de las etapas y los equipos necesarios para la purificación industrial de la glicerina cruda obtenida como coproducto en la producción de biodiesel por transesterificación. El producto obtenido del proceso de refinado es la glicerina de grado USP (United States Pharmacopoeia), la cual tiene una pureza mínima de 99,7% en peso y puede ser usada en aplicaciones cosméticas, alimenticias y farmacéuticas. La misma, constituye un insumo de valor agregado para la industria de biodiesel y es una materia prima muy demandada por una gran diversidad de industrias. El proceso de purificación consiste en una serie de etapas donde se separan las diversas impurezas que contiene, abarcando separación de sólidos y triglicéridos, recuperación de metanol, recuperación de agua, intercambio iónico y destilación. El metanol y los triglicéridos recuperados, pueden volver a ser utilizados en el proceso de producción de biodiesel debido a su elevada pureza. Las principales innovaciones que tiene el proceso desarrollado en este proyecto son la incorporación de separadores sólido- líquido específicos (Tricanter<sup>®</sup>) y tanques de burbujeo con arrastre de nitrógeno. El uso de estas unidades de procesamiento, en comparación con los procesos convencionales, permite reducir el consumo de agua en más del 90% y de energía eléctrica en 25%.

### 1. Introducción

En el año 2007, en la Argentina se produjo una gran expansión de la industria de biodiesel obtenido a partir del aceite de soja, año en que se produjeron cerca de 180.000 toneladas, pasando a 2,4 millones de toneladas en 2012. Esto constituyó un incremento en la producción de más de 12 veces en cinco años. A fines del 2012, se produjo la contracción de las exportaciones a la Unión Europea, siendo el principal mercado de las industrias nacionales. Entre 2012 y 2014, la industria del biodiesel debió reducir su volumen de producción y buscar nuevos mercados. La mayor parte de la producción de biodiesel en Argentina se realiza mediante la reacción de transesterificación (Figura 1)

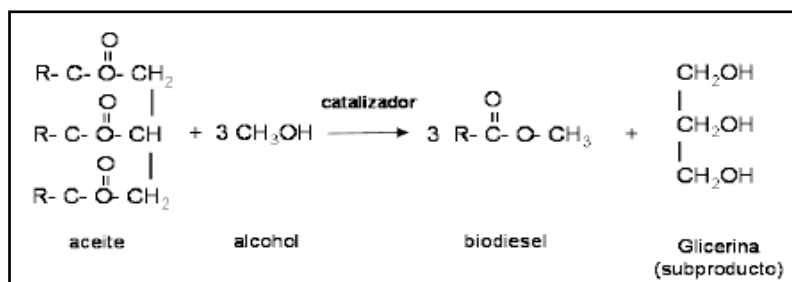


Figura 1. Reacción de transesterificación.

empleando hidróxido de sodio como catalizador, proceso en el cual los triglicéridos del aceite (en Argentina se usa aceite de soja) reaccionan con el metanol (alcohol), dando como productos el biodiesel y la glicerina.

En Argentina sólo hay cuatro empresas que refinan y exportan la glicerina refinada. En la mayoría de los casos, las plantas productoras de biodiesel no purifican la glicerina cruda y la misma es vertida en los efluentes de agua, lo que deteriora en forma significativa su calidad debido a las impurezas contenidas en los efluentes. En ocasiones, el proceso de purificación no puede ser implementado por las pequeñas y medianas empresas debido a los elevados consumos de agua y energía eléctrica, y la elevada inversión inicial.

La glicerina de grado USP es una sustancia versátil y, debido a su combinación única de propiedades físicas y químicas, tiene más de 2000 usos diferentes y es una materia prima usada en muchos procesos (SPA, 1990). La glicerina USP (99,7% pureza) debe cumplir con la normas USP (United States Pharmacopeia) y FCC (Food Chemicals Codex), para que sea apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético. Algunos de sus usos son los siguientes: farmacéutico y cosmético (humectante, suavizante, lubricante, solvente e inhibidor de deshidratación); alimentos y bebidas (aditivo para productos horneados, conservante de frutas, inhibidor de la cristalización del azúcar, reductor de contenidos de grasas y agente emulsionante); plásticos y pinturas (pinturas epóxicas y aditivo en la producción de celofán); otros (explosivos y productos balanceados). En los últimos años, la glicerina refinada ha comenzado a ser utilizada en otras aplicaciones, tales como aditivo para cemento, conservante celular, recuperación de derrames petroleros, propilenglicol y biopolímeros (Woloj, 2011).

## **2. Objetivos**

El principal objetivo de este trabajo consiste en llevar a cabo el diseño del proceso y de los equipos necesarios para el refinado de la glicerina cruda obtenida en la industria de biodiesel, para obtener glicerina de grado USP (99,7% pureza).

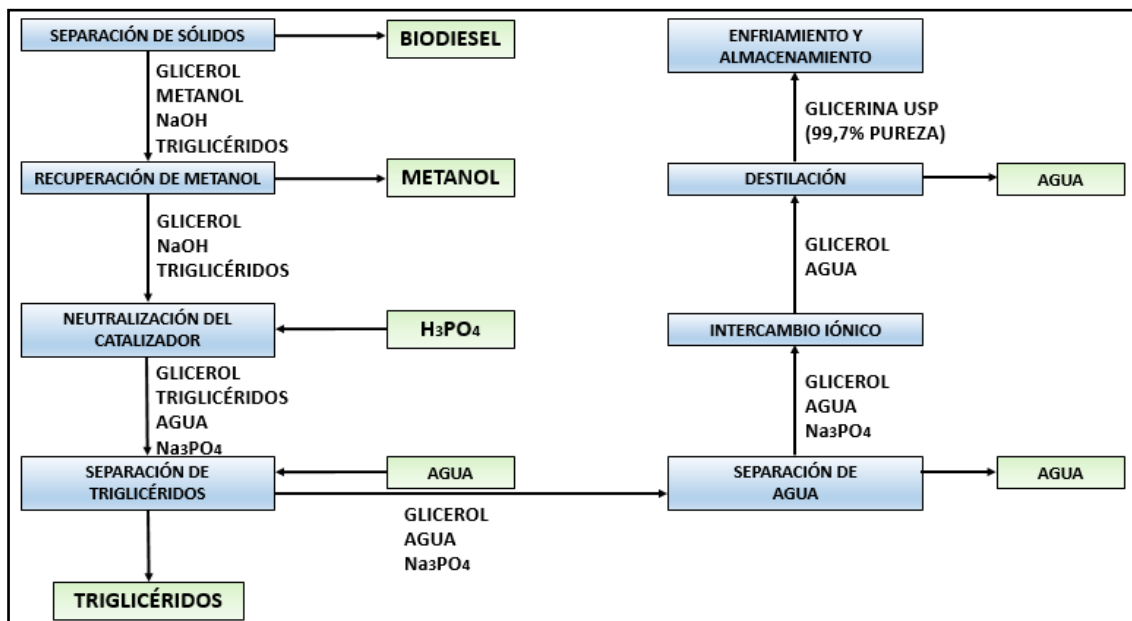
## **3. Metodología y desarrollo del diseño**

El proceso de refinado parte de la glicerina cruda proveniente del decantador donde se la ha separado del biodiesel, hasta el acondicionamiento y almacenamiento de la glicerina USP.

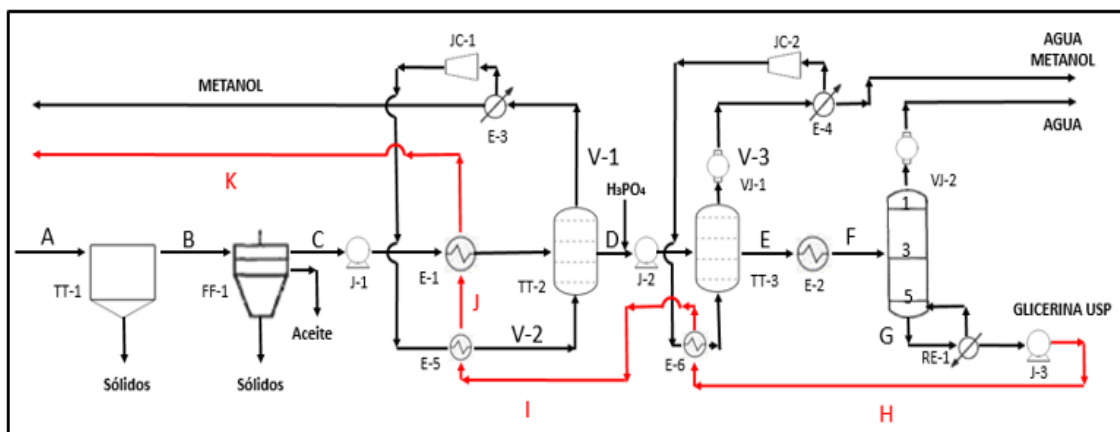
El proceso de refinado (cuyas etapas se muestran en la Figura 2, y cuyo diagrama de flujo se presenta en la Figura 3) fue realizado para el aceite de soja, que constituye la principal materia prima para la producción de biodiesel en Argentina. Sin embargo, el proceso de refinado puede aplicarse a la glicerina cruda obtenida a partir de la utilización de diferentes clases de aceites (Posada Duque y Cardona Alzate, 2010).

En el diagrama de flujo, se representan los equipos de la línea de producción, así también como los auxiliares que modifican las condiciones de las corrientes y mantienen las condiciones operativas de las unidades principales.

Los principales equipos del método de purificación de glicerina se describen a continuación.



**Figura 2.** Esquema del proceso de refinación para glicerina cruda.



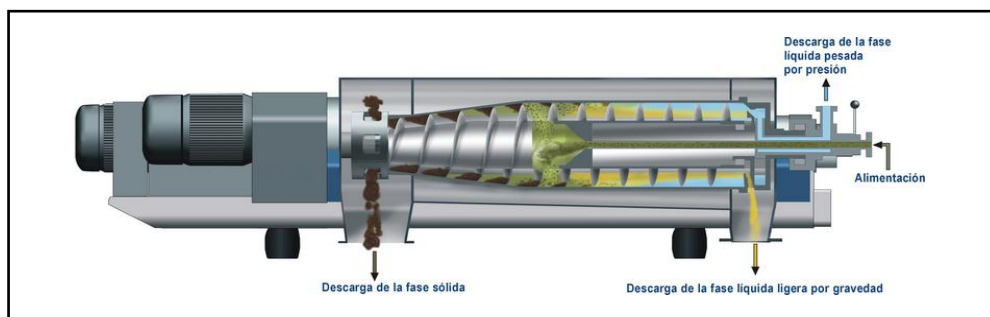
**Figura 3.** Diagrama de flujo.

### *Tanque sedimentador (TT-1)*

En el decantador donde se separa el biodiesel de la glicerina cruda, ésta última es la fase más densa y arrastra la mayor parte de los sólidos e impurezas (A). Los sólidos están constituidos por diversos óxidos metálicos y emulsiones de aceite solidificadas que son insolubles. El tanque sedimentador debe dar el tiempo suficiente a la mezcla para que los sólidos sedimenten. Sin embargo, los sólidos más pequeños y las proteínas se encuentran en suspensión, requiriéndose de equipos de centrifugación para separarlos.

*Tricanter® (FF-1)*

La corriente de salida del tanque sedimentador (B) aún contiene sólidos en suspensión y restos de aceites que no reaccionaron. El sistema consta de tres fases: los sólidos, la fase pesada (glicerol, metanol y catalizador en disolución) y la fase ligera (restos de aceite). Un nuevo equipo que no consume agua y que se aplica al proceso es el Tricanter<sup>®</sup> (Figura 4). El mismo está formado por un cilindro que gira a alta velocidad que separa la fase ligera y la fase pesada (debido a la diferencia de densidad entre ellas). Con su uso, se puede separar los restos de aceite y los sólidos de la glicerina, sin utilizar agua.



**Figura 4.** Tricanter<sup>®</sup>.

Fuente: FLOTTWEG SE, 2014

#### *Primer tanque de burbujeo (TT-2)*

Una vez que la glicerina es separada de los sólidos y de los restos de aceite (los cuales pueden ser usados nuevamente en la producción de biodiesel), pasa por el intercambiador de calor E-1 donde se calienta desde 25°C hasta 70°C e ingresa al primer tanque de burbujeo que opera a presión atmosférica (TT-2). Es allí donde se recupera el 90% del metanol contenido en la corriente C. Para ello se hace pasar una corriente de nitrógeno (N<sub>2</sub>) a contracorriente que arrastra el metanol, el cual es mucho más volátil que la glicerina. Luego, el metanol de la corriente V-1, se condensa en el condensador parcial E-3 hasta 15°C, con un pureza mínima de 99,9%, por lo que será usado nuevamente en el proceso. El N<sub>2</sub>, es separado del líquido mediante una trampa de vapor, se comprime (JC-1) y se calienta (E-5) para que ingrese nuevamente al tanque.

#### *Mezclador estático*

La reacción de transesterificación usa hidróxido de sodio (NaOH) en disolución de metanol como catalizador para aumentar la velocidad de reacción. El catalizador debe ser neutralizado mediante la adición de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 85% de grado alimenticio. Cuando se agrega el ácido a la corriente de glicerina (D) se produce la siguiente reacción exotérmica:



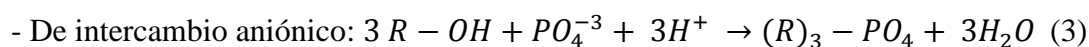
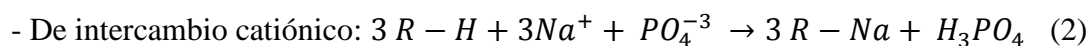
Para la llevar a cabo la reacción se usa un mezclador estático. Se trata de arreglos particulares y se sitúan dentro de las tuberías del proceso (Coulson y Richardson's, 2005). Inducen el grado de mezcla necesario para que se produzca la completa neutralización del catalizador

### *Segundo tanque burbujeo (TT-3)*

La corriente de glicerina que sale del primer tanque de burbujeo (D) tiene una temperatura de 70°C; al mezclarse con el ácido fosfórico (85%) proveniente del tanque de almacenamiento que se encuentra a 25°C, la temperatura de la disolución aumenta hasta 94°C. El segundo tanque de burbujeo opera en forma similar al primero. La glicerina (D) se pone en contacto con un flujo de N<sub>2</sub>, el mismo arrastra y evapora el metanol restante y gran parte del agua. La corriente gaseosa va al condensador parcial E-4 donde se la enfría hasta 20°C. Luego el nitrógeno se separa de los líquidos condensados, mediante una trampa de vapor. El gas se comprime (JC-2) y se calienta (E-6) para introducirse de nuevo en el segundo tanque de burbujeo. El tanque TT-3, opera a una presión de 40 kPa y 94°C.

### *Columnas de intercambio iónico*

Contienen resinas que remueven los iones presentes en la glicerina. La corriente del salida del segundo tanque de burbujeo (E) es enfriada en el intercambiador de calor de tubo y coraza E-2, desde 94°C hasta 62°C, temperatura a la cual ingresa a la columna de destilación. Antes de su ingreso, la corriente F atraviesa las columnas de resinas de intercambio iónico, donde se produce la transferencia de un ion desde la resina hasta la glicerina y otro ión en sentido contrario. Se usan dos clases de resina:



### *Columna de destilación (DT-1)*

Se trata de una torre de platos donde se produce la destilación al vacío. Es aquí donde se obtiene la glicerina con una pureza mínima de 99,7%. La presión de operación va desde 2 kPa en el tope hasta 4 kPa en el fondo. En esas condiciones de vacío, la temperatura de la glicerina en el rehervidor para obtenerla con la pureza necesaria es de 190°C. Para la calefacción en el rehervidor se usa vapor vivo a una presión mínima de 15 atm. Debido a la gran diferencia de volatilidades, no se requiere de un condensador total para condensar el destilado y el reflujo de la columna de destilación.

### *Enfriamiento y almacenamiento*

La temperatura de la glicerina USP a la salida del rehervidor (H) es de 190°C y requiere ser enfriada. Para ello es impulsada mediante la bomba J-3 y se usa para calentar las corrientes de nitrógeno del segundo y del primer tanque en los intercambiadores E-6 y E-5, respectivamente. Además, calienta la corriente de entrada al primer tanque (C). A la salida de E-1, la glicerina USP tiene una temperatura de 110°C, a la cual se almacena.

## **4. Resultados**

Para obtener la inversión necesaria de la implementación del proyecto, se realizaron los diseños de los equipos necesarios para llevar a cabo la separación de los componentes y mantener las condiciones operativas de las unidades principales. En la Tabla 1, se



presentan los equipos de planta. En base a los diseños realizados, se evalúan y servicios que requiere el proceso para su funcionamiento. En la Tabla 2, se presentan a modo comparativo las utilidades necesarias para refinar la glicerina cruda, aplicando el proceso mencionado en este proyecto o el convencional (Xiao et al., 2013).

**Tabla 1.** Equipos de planta.

Equipos	Cantidad	Equipo	Cantidad
Tanques	6	Ventilador	1
Tricanter <sup>®</sup>	2	Torre de enfriamiento	1
Intercambiadores de tubo y coraza	7	Columna de destilación	2
Compresor	2	Bomba centrífuga	5
Bomba de vacío	2	Bomba rotativa	1

**Tabla 2.** Utilidades.

Utilidad	Proceso del proyecto	Proceso convencional
Vapor (kg/t glicerina cruda)	1190	373
Energía eléctrica (kW-h/t glicerina cruda)	28	14
Agua (m <sup>3</sup> /t glicerina cruda)	127	0,28

Se realizó un análisis económico para evaluar la rentabilidad del proyecto. Los costos de adquisición de los equipos fueron obtenidos a partir de las cotizaciones proporcionadas por diferentes empresas. Se considera al metanol recuperado en el proceso como ganancia, la glicerina cruda no tiene costo, financiación propia y un dólar a \$ 8,50 (pesos argentinos). En la Tabla 3, se presentan los indicadores económicos a un año, para una planta que trata 11 t glicerina cruda/año.

**Tabla 3.** Indicadores económicos.

Inversión total	\$ 10.510.724
Utilidad neta	\$ 74.423.472
Rentabilidad	9
Tasa de retorno	7
Recuperación de la inversión	2 meses
TIR	65%
VAN acumulado	\$ 58.836.552

## 5.Conclusiones

- Como puede observarse, el proyecto tiene una alta rentabilidad y una pronta recuperación de la inversión.

- La implementación del proceso de refinado de glicerina permite disminuir el impacto ambiental que tiene la industria del biodiesel, ya que la glicerina cruda constituye un residuo de la misma.
- El proceso puede ser aplicado en varias escalas y a la glicerina obtenida a partir diferentes clases de aceites.
- La utilización del proceso mencionado representa una ahorro del 25% de energía eléctrica y una disminución del 99% en el consumo de agua, en comparación con los métodos convencionales de purificación.

## 6. Bibliografía

- Coulson & Richardson's. (2005). Chemical Engineering Design (4<sup>th</sup> Edition). London: ELSEVIER.
- FLOTTWEG SE. (2014). <https://www.flottweg.com/es/la-gama-de-productos/tricanter/Geankoplis>, C.J. (1998). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias (3° Ed.). México: Continental S.A.
- Posada Duque, J.A.; Cardona Alzate, C.A. (2010). Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. Ingeniería y Universidad, 14(1): 9-27.
- SPA. (1990). Glycerine: An overview. New York: Glycerine & Oleochemical Division.
- Woloj, D.J. (2011). Nuevas aplicaciones de la glicerina: Un análisis preliminar. Tesis Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Xiao, Y.; Xiao, G.; Varma, A. (2013). A universal procedure for crude glycerol purification from different feedstocks in biodiesel production: Experimental and simulation study. Industrial & Engineering Chemistry Research, 52(39): 14291–14296.

## 13TCQ - SIMULACION DEL PROCESO DE OBTENCION DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE JATROPHA

ORIFICI, L.I.<sup>1</sup>; BANDONI, A.<sup>2</sup>; GELY, M.C.<sup>1</sup>; PAGANO, A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área de Procesos – TECSE, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Argentina.

<sup>2</sup>Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET). Argentina.  
[apagano@fio.unicen.edu.ar](mailto:apagano@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se evaluó el potencial de producción de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha Curcas* como una alternativa con elevado potencial ya que es un cultivo perenne, de alto contenido de aceite en semilla con un potencialmente elevado rendimiento de biodiesel por hectárea. Adicionalmente se destaca que por la toxicidad de las especies convencionales de *Jatropha*, su aceite no es comestible no compitiendo entonces su producción con el uso de tierras destinadas a la producción de alimentos.

Atento a ello, en el presente trabajo se simuló el proceso completo para la producción de biodiesel, incluyendo las etapas de transesterificación, recupero de metanol, purificación de los esteres metílicos obtenidos, remoción de catalizador y purificación del subproducto glicerina. El proceso de obtención de biodiesel ocurre por transesterificación catalítica con una relación molar 6:1 (metanol:aceite) y 1% de NaOH como catalizador, en un reactor de conversión con 95% de biodiesel convertido, a 60°C y 400 kPa. La simulación se realizó utilizando el software Aspen Plus<sup>®</sup>. El proceso de producción simulado fue validado con los resultados obtenidos por Zhang et al. (2003) para aceite vegetal virgen caracterizado como trioleína. Posteriormente se reemplazó la materia prima por aceite de *Jatropha Curcas* definida por sus triglicéridos mayoritarios tripalmitina, trioleína, triestearina y trilinoleína; los restantes triglicéridos menores se consideraron como ácido palmítico.

La simulación permitió obtener 987 kg/h de biodiesel a partir de 1050 kg/h de aceite de *Jatropha Curcas*. Este trabajo sienta un importante precedente para la realización de futuros análisis de procesos de obtención de biodiesel utilizando materias primas alternativas a fin de realizar comparaciones técnico-económicas de los mismos y llegar a la determinación de la materia prima alternativa que genera un biodiesel con mayor rendimiento y rentabilidad.

### 1. Introducción

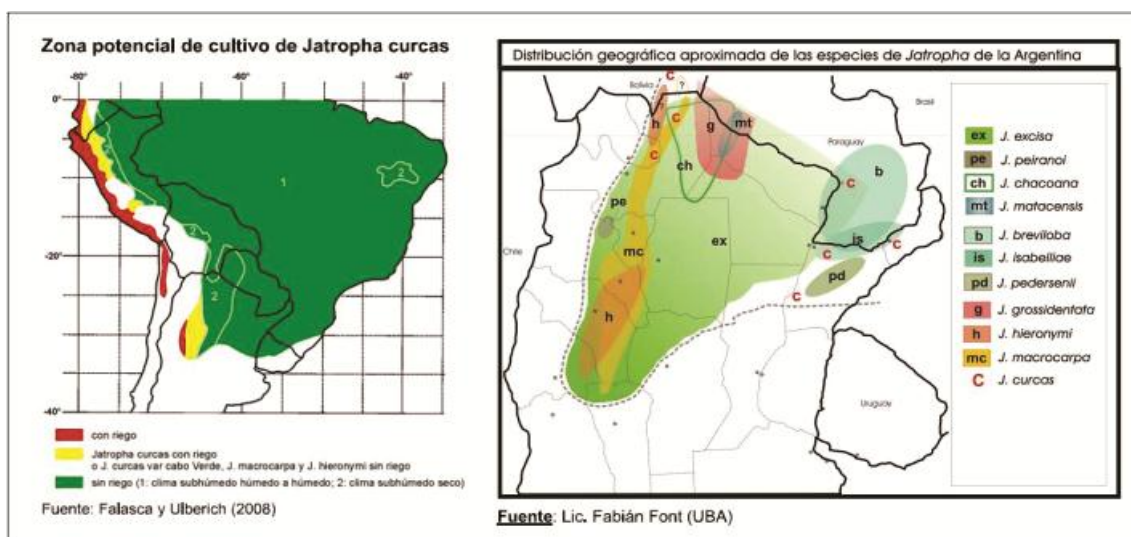
El biodiesel es un combustible seguro, renovable, no tóxico, biodegradable y mucho menos contaminante para el medio ambiente que el diesel convencional. Por ello, a pesar de que el costo de biodiesel es aún mayor que el del diesel del petróleo, muchos gobiernos basados fundamentalmente en aspectos ambientales apoyan el desarrollo de este biocombustible. El costo de la materia prima es un factor económico fundamental para la viabilidad de la producción de biodiesel. Según algunas investigaciones,

aproximadamente el 70-95% del costo total de producción de biodiesel resulta de los costos de materia prima (Demirbas et al., 2011).

Actualmente, más de 95% del biodiesel del mundo se produce a partir de aceites comestibles (Demirbas et al., 2011), principalmente aceites de colza, girasol, soja y palma (Santacesaria et al., 2012). Sin embargo, existe una preocupación creciente sobre la competencia entre materias primas para biodiesel con el suministro de alimentos (Demirbas et al., 2011), no sólo desde el punto de vista nutricional, sino también respecto al uso de tierras de cultivo (Santacesaria et al., 2012). Las tendencias actuales entonces, son el uso de diferentes cultivos de semillas oleaginosas no comestibles (Demirbas et al., 2011). Las plantas oleaginosas de este tipo más importantes son la *jatropha*, *karanja*, *tabaco*, *mahua*, *neem*, *caucho*, *seamango*, *ricino*, *algodón*, etc., y de estas materias primas los aceites de *jatropha*, *karanja*, *mahua* y *ricino* son los que se utilizan con más frecuencia para la síntesis de biodiesel (Banković-Ilić et al., 2012).

La *Jatropha Curcas* en particular, es una especie perenne, monoica y que pertenece a la familia de las Euforbiáceas. Se presenta como una alternativa con alto potencial para la obtención de biodiesel debido a que es un cultivo perenne de alto contenido de aceite en semilla; los granos presentan entre un 33 y 38 % de aceite, representando entre el 53 a 79% del peso del fruto. Posee un muy alto rendimiento potencial de biodiesel por hectárea, no compitiendo con granos de uso alimenticio por su elevada toxicidad, debido a que la semilla contiene curcina y alcaloides conocidos como ésteres de forbol (REDPA et al., 2009; Falasca y Ulberich, 2008b; FAO, 2008).

Argentina se considera que posee condiciones adecuadas para el cultivo de *Jatropha* (Renner et al., 2008). En la Figura 1 pueden observarse las zonas potenciales de cultivo de *Jatropha Curca* en Sudamérica y la distribución geográfica aproximada de las especies de *Jatropha* encontradas naturalmente en Argentina (REDPA et al., 2009) (Falasca y Ulberich, 2008a).



**Figura 1.** Zonas Potenciales de cultivo de *Jatropha curcas* y distribución de las especies en Argentina.  
Fuente: Falasca y Ulberich (2008b); REDPA et al. (2009), respectivamente.

Esta especie vegetal ha sido reconocida por diferentes gobiernos, organizaciones internacionales y no gubernamentales para promover su cultivo, como desarrollo económico y sostenible del medio ambiente y para la obtención de nuevas alternativas de energía. Se estima que para 2015 el área cultivada con esta especie será de 13 millones de hectáreas según lo indica la WWF (World Wide Fund for Nature) (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012). Actualmente, en base a las producciones experimentales, es posible producir más de 2.000 kg/ha de aceite. Sin embargo, con el mejoramiento genético y el perfeccionamiento del sistema de producción, se cree que la *Jatropha* puede producir por encima de 4.000 kg/ha de aceite (REDPA et al., 2009). En Argentina se estima que se obtienen entre 6 a 8 toneladas de semilla por hectárea sembrada, con un rinde de aceite de entre 35% y 40% (Agote, 2010). Considerando entonces un área de cultivo media de 2.500 ha (Renner et al., 2008) con una producción de 8 t/ha, se estima una producción de 20.000 t de *Jatropha* anuales en el territorio argentino.

En el análisis completo de la producción de biodiesel, la simulación de procesos ofrece una herramienta práctica para analizar las características de los mismos y el efecto de las variables operativas. En este trabajo se desarrolla un modelo de simulación del proceso de obtención de biodiesel a partir de la transesterificación catalítica básica con metanol, validado previamente sobre el trabajo de Zhang et al. (2003) para aceite vegetal virgen compuesto totalmente por trioleína, y adaptado posteriormente a aceite de *Jatropha Curcas* caracterizado por sus triglicéridos y ácidos correspondientes, realizado en el software de simulación comercial Aspen Plus®.

## 2. Objetivos

Evaluar el potencial de producción de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha Curcas* como una alternativa con alto potencial por su alto contenido de aceite en semilla, facilidad de cultivo y rendimiento por hectárea, en conjunción con su característica de toxicidad que no la hace competitiva al uso alimenticio ni con el uso de tierras destinadas a los mismos. Para ello se plantea desarrollar la simulación del proceso de producción de biodiesel a partir de este aceite y evaluar su rendimiento.

## 3. Metodología

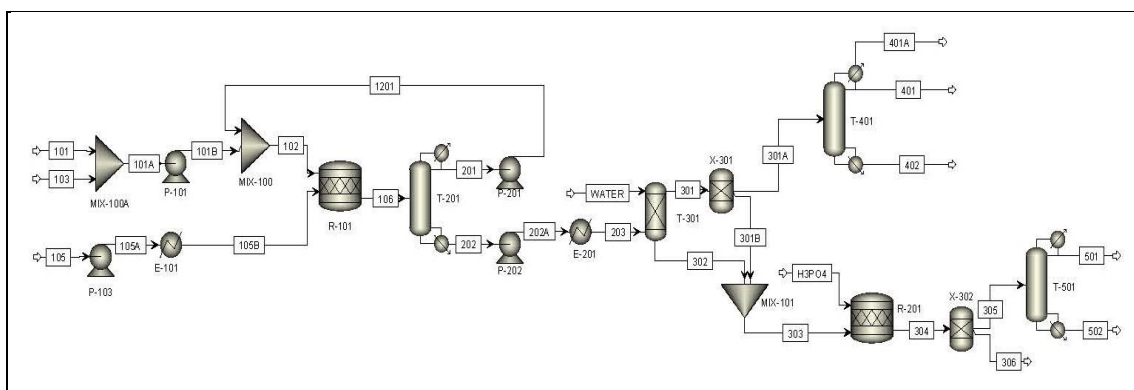
La simulación del proceso global se realiza mediante el software Aspen Plus® v7.2. Inicialmente se reproduce el proceso de obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales vírgenes (solo compuesto por trioleína) con catálisis básica realizado por Zhang et al. (2003). De esta manera se valida la simulación con los datos bibliográficos del autor mencionado.

Posteriormente se ingresa el aceite correspondiente a *Jatropha Curcas*, compuesto en fracciones másicas por 12,06% de tripalmitina; 30,24% de trioleína; 51,64% de trilinoleína; 5,27 de triestearina, y considerando los restantes triglicéridos presentes en el aceite de *Jatropha* como ácido palmítico (Castillo-Peña et al., 2013). Se determinan los componentes químicos, ya sea los que se encuentran en la biblioteca y aquellos que deban generarse como hipotéticos (tripalmitina, triestearina, trilinoleína, y sus correspondientes ésteres metílicos) a partir de sus propiedades como el peso molecular, punto de ebullición, propiedades críticas, entalpía y energía libre de formación (Aca-Aca et al., 2009).

El modelo termodinámico utilizado para la estimación de propiedades, considerando que se trata de una simulación a presiones menores a 10 atm y de acuerdo a las características de la misma, siguiendo el árbol de decisión propuesto por Carlson (1996), es el modelo NRTL (Non -Random Two Liquid). Zhang et al. (2003) también utiliza este modelo en su simulación, y Castillo-Peña et al. (2013) lo considera como adecuado, por ser basado en los coeficientes de actividad recomendados para sistemas no ideales. Tanto el ácido fosfórico como para el fosfato de sodio, se ingresan como sólidos, con el paquete de propiedades correspondiente.

Para las diferentes unidades de proceso se suponen caídas de presión despreciables ingresando la alimentación en condiciones ambientales. Se considera un caudal de aceite de 1050 kg/h al ingreso del proceso. La reacción de transesterificación ocurre en un reactor de conversión utilizando metanol con una relación molar 6:1 (metanol:aceite) y 1% de NaOH como catalizador. Se considera una conversión de un 95% a 60°C y 400 kPa (Zhang et al., 2003).

El proceso se completa con etapas de recupero de metanol y su recirculación a la alimentación, purificación de los esteres metílicos obtenidos, neutralización del catalizador mediante  $H_3PO_4$  y separado como  $Na_3PO_4$  y purificación del subproducto glicerina. La simulación completa se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Simulación del proceso realizada en Aspen Plus® v7.2.

#### 4. Resultados

Como se indicó anteriormente, inicialmente se reprodujo la simulación realizada por Zhang et al. (2003) en el software Aspen Plus® para un proceso de producción de biodiesel a partir de aceite vegetal virgen, mediante catálisis básica. La Tabla 1 muestra las corrientes principales de materias primas y productos de dicha simulación.

Puede observarse que el aceite vegetal virgen es caracterizado sólo por trioleína. En la columna de purificación del biodiesel, en la corriente 401 se obtiene el biodiesel puro en una cantidad de 988,87 kg/h, correspondiéndose con un error de 0,8% respecto de los resultados informados por Zhang et al. (2003), lo que permitió validar la simulación. Por otra parte, en la columna encargada de la purificación de glicerina, se logra en la corriente 501 la separación del alcohol y agua, y la obtención del glicerol como fondos en la corriente 502.

**Tabla 1.** Corrientes principales del proceso de obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales vírgenes compuestos únicamente por trioleína.

From To		101	102	105	401A	401	402	501	502
Substream: MIXED		MIX-100A	MIX-100	P-103	T-401	T-401	T-401	T-501	T-501
Phase: All									
Temperature	C	25,0	27,1	25,0	193,7	193,7	322,3	47,9	78,2
Pressure	KPA	100	400	10133	10	10	20	40	50
Mole Flow	KMOL/HR	3,66	7,38	1,19	0,16	3,34	0,09	0,42	1,70
Mass Flow	KG/HR	117,20	238,42	1050,00	8,10	988,87	60,68	8,99	116,08
Component Mass Fra									
MEOH		1,000	0,958	0,000	0,333	0,000	0,000	0,362	0,025
TRIOLEIN		0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,860	0,000	0,002
M-OLEATE		0,000	0,000	0,000	0,520	1,000	0,140	0,000	0,005
GLYCEROL		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,894
NAOH		0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WATER		0,000	0,000	0,000	0,147	0,000	0,000	0,838	0,074
H3PO4		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NA3PO4		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Una vez validada la simulación con los resultados informados por Zhang et al. (2003), se ingresa como materia prima aceite de *Jatropha Curcas* utilizando la composición propuesta por Castillo-Peña et al. (2013) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición del aceite de *Jatropha Curcas* ingresado en la simulación.

From To	105
Substream: MIXED	P-103
Phase: All	
Temperature	C 25,0
Pressure	KPA 100
Mole Flow	KMOL/HR 1,23
Mass Flow	KG/HR 1050,00
Component Mass Fra	
MEOH	0,0000
TRIOLEIN	0,3024
M-OLEATE	0,0000
GLYCEROL	0,0000
NAOH	0,0000
WATER	0,0000
H3PO4	0,0000
NA3PO4	0,0000
TRIPALM	0,1206
TRISTEAE	0,6527
TRILINOL	0,5164
M-PALMIT	0,0000
M-ESTEAR	0,0000
M-LINOL	0,0000
AC-PALMI	0,0079

Fuente: Castillo-Peña et al. (2013).

Las principales corrientes del proceso simulado en Aspen Plus® v7.2 para la obtención de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha Curcas* se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Corrientes principales del proceso simulado.

From To	101	103	105	1201	WATER	H3PO4	401A	401	402	501	502
Substream: MIXED	MIX-100A	MIX-100A	P-103	P-201	T-301	R-201	T-401	T-401	T-401	T-501	T-501
Phase: All											
Temperature	C 25,0	25,0	25,0	28,8	60,0	60,0	193,7	193,7	368,5	48,0	79,1
Pressure	KPA 100	100	100	400	110	110	10	10	20	40	50
Mole Flow	KMOL/HR 3,66	0,25	1,23	3,47	0,61	0,08	0,17	3,39	0,07	0,42	1,70
Mass Flow	KG/HR 117,20	10,00	1050,00	111,20	11,00	8,23	12,92	987,08	54,28	8,99	119,55
Component Mass Fra											
MEOH	KG/HR 117,200	0,000	0,000	111,185	0,000	0,000	2,463	0,037	0,000	3,016	2,635
TRIOLEIN	KG/HR 0,000	0,000	317,520	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	15,783	0,000	0,063
M-OLEATE	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,281	301,202	0,352	0,000	0,159
GLYCEROL	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	104,474
NAOH	KG/HR 0,000	10,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WATER	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	11,000	0,000	1,051	0,157	0,000	5,871	8,425
H3PO4	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,230	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NA3PO4	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TRIPALM	KG/HR 0,000	0,000	126,630	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,298	0,000	0,033
TRISTEAE	KG/HR 0,000	0,000	55,395	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,752	0,000	0,014
TRILINOL	KG/HR 0,000	0,000	542,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	26,970	0,000	0,141
M-PALMIT	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,223	120,032	0,581	0,000	0,063
M-ESTEAR	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	51,370	1,369	0,000	0,028
M-LINOL	KG/HR 0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	7,851	509,229	0,120	0,000	0,271
AC-PALMI	KG/HR 0,000	0,000	8,295	0,000	0,000	0,000	0,014	5,051	0,011	0,000	3,219

En primer lugar puede observarse que a la corriente inicial de metanol fresco (101) es posible adicionarle 111,185 kg/h de metanol recirculado a partir de la separación mediante la columna T-201, quedando sólo 8,152 kg/h de metanol remanente en las corrientes de producto.

Por otra parte, la remoción del catalizador ocurre por su neutralización con ácido fosfórico en la unidad R201 a partir de la cual se obtienen agua y  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  que son separados totalmente en la unidad X302.

La torre de lavado T-301 logra separar el 99,95% del biodiesel obtenido del subproducto glicerol que en su totalidad se encuentra como fondos en la corriente 302.

En la columna T-401 se realiza la purificación del biodiesel obteniendo. La corriente 401A todo el metanol presente en la corriente de ingreso (301A) en forma de vapor y en la corriente inferior 402 se separan los triglicéridos sin reaccionar.

Como puede observarse, a partir de 1050 kg/h de aceite ingresante en la corriente 105, pueden obtenerse 987,08 kg/h de metil ésteres en la corriente 401. Respecto a esta corriente, el biodiesel obtenido, con un contenido de ésteres mayor al 99%, cumple con las especificaciones de calidad de la Resolución 828/2010 (Secretaría de Energía Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios de la República Argentina, 2010)

La separación del subproducto glicerina, se lleva a cabo en la columna T-501, la cual se obtiene separadamente como fondos en la corriente 502. La corriente contiene 87,4% de glicerina y 7% de agua, entre otros componentes. La glicerina obtenida cumple con las especificaciones de glicerina cruda (SRS International, 2013), subproducto de la transesterificación y apta para refinaciones posteriores y purificación, consistente en separación de sólidos y triglicéridos, recuperación de metanol, recuperación de agua, intercambio iónico y destilación. La glicerina así obtenida es de grado USP (United States Pharmacopeia) con 99,7% de pureza, apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético.

## 5. Conclusiones

Se estudia la obtención de biodiesel a partir de *Jatropha Curcas* como alternativa de biomasa no convencional y sin competencia nutricional. Puede concluirse que a partir de los resultados obtenidos el proceso es tecnológicamente factible, lográndose una conversión del 94% del aceite.

Este trabajo sienta un importante precedente para la realización de futuros estudios y análisis de procesos de obtención de biodiesel como una vía de mejora de los procesos existentes y/o desarrollos de nuevas tecnologías, utilizando materias primas alternativas a fin de realizar comparaciones y evaluar la factibilidad técnico-económica de los procesos, para determinar la materia prima alternativa que genera un biodiesel de manera sustentable y ambientalmente sostenible, aportando una orientación sobre el futuro de esta energía renovable.

## 6. Bibliografía

- Aca-Acaa, M.G.; González, E.C.; Sánchez-Daza, O. (2009). Estimación de propiedades termodinámicas de los compuestos involucrados en la producción de biodiesel. *Superficies y Vacío*, 22(3): 15-19.
- Agote, Y. (2010). Análisis de las viabilidades y desarrollo de biodiesel a base de *Jatropha* en Argentina. Tesis de grado Universidad de San Andrés. Argentina. <http://www.udesa>.



- edu.ar/files/UAADMINISTRACION/TRABAJOS%20GRADUACION%20C3%93N%202010/AGOTE.PDF
- Aspen Technology, I. (©1994-2013). Aspen Plus®, Aspen Hysys®.
- Banković-Ilić, I.B.; Stamenković, O.S.; Veljković, V.B. (2012). Biodiesel production from non-edible plant oils. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6): 3621-3647.
- Carlson, E.C. (1996). Don't Gamble with Physical Properties for Simulations. *Chemical Engineering Progress*, 35-46.
- Castillo-Peña, A.; Labrada-Vázquez, B.L.; Penedo-Medina, M.; Sánchez-del-Campo-Lafita, A.E. (2013). Simulación del proceso de producción de biodiésel a partir del aceite de *Jatropha curcas*, 33(2): 107-120.
- Falasca, S.; Ulberich, A. (2008a). Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel en Argentina. *Revista Virtual REDESMA*, <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/investigacion.php>
- Falasca, S.; Ulberich, A. (2008b). Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha sp.* (*J. curcas*, *hieronymi* *macrocarpa*). *Revista Virtual REDESMA*. <http://revistavirtual.redesma.org/vol4/articulo5.php?id=c1>
- Demirbas, M.F.; Balat, M.; Balat, H. (2011). Biowastes-to-biofuels. *Energy Conversion and Management*, 52(4): 1815-1828.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2008). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades. <http://www.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0290s.pdf>
- Pabón, L.C.; Hernández-Rodríguez, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17: 194-209.
- REDPA (Red de coordinación de Políticas Agropecuarias). (2009). Consejo Agropecuario del Sur (CAS), & Grupo de Trabajo sobre Políticas Públicas en Agroenergía (GT6). Situación de la *Jatropha* y Perspectivas. <http://www.mag.gov.py/dgp/Situacion%20y%20Perspectivas%20de%20la%20Jatropha%202009.pdf>
- Renner, A.; Zelt, T.; Gerteiser, S.; (GEXSI), T. G. E. f. S. I. (2008). Global market study on *Jatropha*: Project Inventory: Latin America (pp. 36). [http://www.jatropha-alliance.org/fileadmin/documents/GEXSI\\_Global-Jatropha-Study\\_FULL-REPORT.pdf](http://www.jatropha-alliance.org/fileadmin/documents/GEXSI_Global-Jatropha-Study_FULL-REPORT.pdf)
- Santacesaria, E.; Vicente, G.M.; Di Serio, M.; Tesser, R. (2012). Main technologies in biodiesel production: State of the art and future challenges. *Catalysis Today*, 195(1): 2-13.
- Secretaría de Energía Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios de la República Argentina. (2010). Resolución 828/2010. Especificaciones de calidad del biodiesel. Modifícase la Resolución N° 6/10: <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/170000-174999/171944/norma.htm>.
- SRS International. (2013). Glycerin Specifications. <http://www.srsbiodiesel.com/technologies/glycerin-purification/glycerin-specifications/>.
- Zhang, Y.; Dubé, M.A.; McLean, D.D.; Kates, M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89(1): 1-16.

## 14TCQ - OPTIMIZACION ENERGETICA DE LA ESTERIFICACION DE ACEITES VEGETALES USADOS (AVUs)

LABORDE, M.F.<sup>1,3</sup>; SERNA GONZÁLEZ, M.<sup>2</sup>; PAGANO, A.M.<sup>3</sup>; GELY, M.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Becario Doctoral CONICET.

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, México.

<sup>3</sup>Área de Procesos – TECSE, Depto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Argentina.

[fernanda.laborde@fio.unicen.edu.ar](mailto:fernanda.laborde@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una red de intercambio de calor (RIC) para la esterificación de aceites vegetales usados (AVUs) con catálisis ácida, proceso en el cual se tratan AVUs hasta con un 14,19% FFA. Se simula el proceso en Aspen Plus<sup>®</sup> considerando que los AVUs están compuestos por una mezcla de aceite de 77% soja y 23% de girasol, considerados éstos constituidos principalmente por los triglicéridos linoleico y oleico, en un 70% y 30% para el aceite de soja y un 78% y 22% para el de girasol, respectivamente. Se aplica el método Punto de Pliegue para obtener la cantidad mínima de calor requerido en el proceso y la RIC para una capacidad de procesamiento de 680,7 kg/h de AVUs. Se considera una diferencia de temperatura mínima ( $\Delta T_{min}$ ) de 10°C y se encuentra que el requerimiento externo de calentamiento es de 17790,39 W sin requerir servicios de enfriamiento. Estos resultados son corroborados por el software Aspen Energy Analyzer<sup>®</sup> y mediante la simulación de la red en Aspen Plus<sup>®</sup>.

### 1. Introducción

El biodiesel es un éster monoalquílico de ácidos grasos de cadena larga (Mohammadshirazi et al., 2014) que constituye una alternativa a los combustibles fósiles debido a que es natural, se obtiene a partir de materias primas renovables y tiene bajas emisiones tóxicas (Nasir et al., 2013). Se obtiene mediante la reacción de transesterificación catalítica de triglicéridos con alcoholes de cadena corta, generalmente a una temperatura de reacción cercana al punto de ebullición del alcohol. El mejor rango de temperatura para obtener el mayor rendimiento de biodiesel se encuentra entre 50 y 70°C (Foon et al., 2004), empleando una concentración de catalizador alcalino de 0,5-1% (Foon et al., 2004) y una relación molar aceite/alcohol entre 1/5 y 1/10 (Kapilakarn y Peugtong, 2007), siendo 1/6 la más aconsejable (West et al., 2008).

El factor más importante en la producción de biodiesel es la materia prima seleccionada. La utilización de aceites vegetales usados (AVUs) como materia prima del biodiesel proporcionaría una reducción a problemas tales como la contaminación del agua y las obstrucciones en los sistemas de drenajes (Yaakob et al., 2013), ya que se estima que un litro de AVUs contamina unos 1000 litros de agua (CONSUMER, 2014). Por otra parte, la utilización de un residuo tal como los AVUs disminuiría los costos de materia prima involucrados, debiéndose considerar que el proceso de fritura a temperaturas elevadas (180-190°C) (Hamilton y Perkins, 2002) tiene influencias negativas en las propiedades del aceite, ya que aumenta la formación de ácidos grasos libres (FFA) incorporando

impurezas y un elevado contenido de agua (Talebian-Kiakalaieh et al., 2013; Yaakob et al., 2013). De acuerdo a distintos autores, el contenido de FFA en los AVUs puede estar dentro de un rango muy amplio que va de 6 a 80% (Zhang et al., 2003; Jacobson et al., 2008; Gan et al., 2010; Yun et al., 2013; Wang et al., 2014). Para llevar a cabo la reacción de transesterificación catalítica sin inconvenientes en la producción de biodiesel, es necesario disminuir el nivel de FFA, evitándose de esta forma la aparición de una reacción indeseable de saponificación. El grado de acidez debe ser inferior a 0,5% (Zhang et al., 2003). El tratamiento necesario para disminuir el porcentaje inicial de FFA de los AVUs es el proceso de esterificación catalítica, que resulta de la reacción de AVUs con un alcohol, en presencia de un catalizador ácido.

En la literatura, existen numerosos trabajos en los cuales se han simulado diferentes procesos de producción de biodiesel a escala industrial empleando el software Aspen HYSYS® (Zhang et al., 2003; Zapata et al., 2007; West et al., 2008; Lee et al., 2011) con diferentes materias primas y catalizadores. También existen diversas publicaciones sobre simulación de la producción de biodiesel a escala industrial aplicando el software Aspen Plus® (Glišić et al., 2009; Sotoft et al., 2010; Sánchez et al., 2011; Yun et al., 2013); sin embargo, ninguna de estas últimas aborda el proceso de esterificación de AVUs con catálisis ácida.

Desde el punto de vista de la optimización de los procesos, la metodología de Punto de Pliegue (*Pinch*) es una de las mejores herramientas que puede ser usada para evaluar la eficiencia en la utilización de la energía. La tecnología “*Pinch*” fue desarrollada en los años 1982-1983 diseñando redes de intercambio de calor para procesos individuales (Linnhoff y Flower, 1982; Linnhoff y Hindmarsh, 1983).

Programas computacionales tales como Aspen Energy Analyzer® proporcionan un entorno para realizar el diseño de redes de intercambio de calor óptimas. Con esta herramienta, es posible reducir el consumo de energía y realizar el diseño de un proceso menos costoso (Aspentech, 2014).

## **2. Objetivos**

El objetivo perseguido en el presente trabajo fue simular y optimizar energéticamente mediante la metodología del Punto de Pliegue el proceso de esterificación de AVUs para la producción de biodiesel.

## **3. Metodología**

Se trabajó en la optimización energética de una planta de esterificación de AVUs para la obtención de biodiesel, con una capacidad de procesamiento de 680 kg/h de AVUs para una localidad del centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) (Capdevila et al., 2012) basándose en estudios realizados por Zhang et al. (2003).

Para llevar a cabo la simulación se analizó la composición de la materia prima dado que los AVUs son mezclas de diferentes aceites vegetales. Este análisis determinó que los principales aceites vegetales consumidos en el país son los de soja y girasol (CIARA, 2014) no encontrándose entre ellos el aceite de maíz que, si bien es uno de los mayores cultivos del país, su aceite representa sólo el 1% de la totalidad de los aceites vegetales elaborados en Argentina (Made in Argentina, 2014). Por lo tanto, para efectos prácticos se determinó que la producción de aceites de girasol y soja representa el 23% y 77% del volumen total de producción de aceite comestible en Argentina, respectivamente. A fin de establecer la composición de estos aceites, se consideró que están constituidos

principalmente por los triglicéridos linoleico y oleico (CHEMPRO, 2014), en un 70% y 30% para el de soja y un 78% y 22% para el de girasol, respectivamente.

La simulación de la reacción de esterificación se llevó a cabo a una temperatura de 70°C y una presión de 400 kPa, utilizando una relación molar de metanol/ácido graso de 6/1, por lo que el flujo de metanol fue de 27 kg/h. Se empleó ácido sulfúrico como catalizador en una proporción de 6% en peso de FFA (Berrios et al., 2007). El reactor se modeló como un reactor estequiométrico considerando una conversión de los FFA de 0,97 (Zhang et al., 2003). Sobre el producto se realizó un lavado con un flujo de glicerina de 10,5% en peso de los AVUs ingresados a 25°C y 200 kPa, a fin de retirar el catalizador y el agua presente en el producto. Por otra parte se llevó a cabo la recuperación del metanol, recirculando el 34,15% de lo recuperado (Zhang et al., 2003).

Sobre la base de esta información, mediante la aplicación del método de Punto de Pliegue (Jiménez Gutiérrez, 2003; Renedo Estébanez y Fernández Díez, 2003a; Renedo Estébanez y Fernández Díez, 2003b; Kemp, 2007; Laborde et al., 2014) se realizó la optimización energética del proceso de pre-tratamiento de aceites usados para la obtención de biodiesel.

Se utilizó el software Aspen Energy Analyzer<sup>®</sup> para verificar los resultados obtenidos con el método manual (*Pinch*) y luego se simuló el proceso de esterificación con la red de intercambio de calor hallada en el entorno Aspen Plus<sup>®</sup>. Mediante simulación se realizó un análisis de sensibilidad del proceso diseñado determinando el rendimiento del mismo con respecto a los distintos porcentajes de FFA en la materia prima.

#### 4. Resultados

En primer lugar se simuló el proceso de esterificación de AVUs en Aspen Plus<sup>®</sup> sin RIC (Figura 1a) para un flujo másico de 680,7 kg/h con un contenido de 6% FFA representado por los ácidos grasos linoleico y oleico. En la Tabla 1 se presenta la composición de la corriente de AVUs.

**Tabla 1.** Composición de la corriente de AVUs.

AVUs		Girasol		Soja	
		kg/h	%	kg/h	%
Triglicéridos	trilinoleína	114,79	78	344,88	70
	trioleína	32,38	22	147,81	30
FFA	ácido linoleico	7,33	78	22,01	70
	ácido oleico	2,07	22	9,43	30
<b>Total</b>		<b>156,57</b>	<b>23</b>	<b>524,13</b>	<b>77</b>

A partir de la simulación del modelo se determinaron las corrientes que requieren de servicios de calentamiento y enfriamiento sobre las que se aplicó el método Punto de Pliegue. En la Tabla 2 se presentan los datos correspondientes a cada una de esas corrientes.

**Tabla 2.** Características y propiedades de las corrientes con requerimiento energético

	Nombre	W (kg/h)	Te (°C)	Ts (°C)	Cp (J/kg °C)
<b>C1</b>	<b>MET-CATR</b>	42,42	27	70	24786,37
<b>C2</b>	<b>AVUS</b>	680,70	25	70	1580,00
<b>H1</b>	<b>AVUS-2</b>	723,12	70	46	1703,51

(W: flujo másico; Te: temperatura de entrada; Ts: temperatura de salida; Cp: capacidad calorífica)

Como resultado de la aplicación del método Punto de Pliegue, considerando una diferencia de temperatura mínima ( $\Delta T_{min}$ ) de 10°C, se determinó una temperatura de pliegue (es decir la temperatura para la cual no existiría intercambio calórico) de 35°C para las corrientes calientes y 25°C para las corrientes frías, con un requerimiento externo de calentamiento de 17790,39 W sin ser necesarios servicios de enfriamiento. Con estos datos se definió la red, la cual quedó conformada por el intercambio entre H1 y C2, donde H1 satisface su requerimiento energético y C2 alcanza la temperatura de 52,5 °C. Estos resultados se corroboraron a través del software Aspen Energy Analyzer®. Luego se simuló el proceso con RIC en Aspen Plus® (Figura 1 b), donde fue posible observar que a la salida del intercambiador de calor (B6) la corriente AVUs (C2) alcanza una temperatura de 53°C, coincidiendo con el método manual.

A partir de este proceso de esterificación diseñado con red de intercambio calórico se realizó un análisis de sensibilidad en función la calidad de los AVUs (expresada en % de FFA) empleados como materia prima, para determinar cuál es el máximo nivel de acidez en el ingreso que el proceso puede tolerar para obtener un producto tratado con 0,5% o menos de FFA, que sea factible de ser usado en la producción de biodiesel. Para tal efecto, se simuló en Aspen Plus® el proceso de esterificación de AVUs con distintos contenidos de FFA: 6% (Zhang et al., 2003); 10,92% (Gan et al., 2010); 15% (Jacobson et al., 2008) y 20% FFA (Wang et al., 2014), y los resultados compararon mediante un gráfico de *Flujo de AVUs tratados y % FFA en AVUs tratados vs. % FFA en alimentación* (Figura 2). A través de esta representación gráfica fue posible observar que un mayor porcentaje de FFA en la materia prima redundó en un menor flujo de AVUs tratados, siendo además mayor la fracción de FFA remanente en los AVUs tratados. En base a estos resultados se determinaron las siguientes correlaciones lineales entre *% FFA en alimentación* y *% FFA en AVUs tratados* (ecuación 1), y entre *% FFA en alimentación* y *Flujo de AVUs tratados* (ecuación 2).

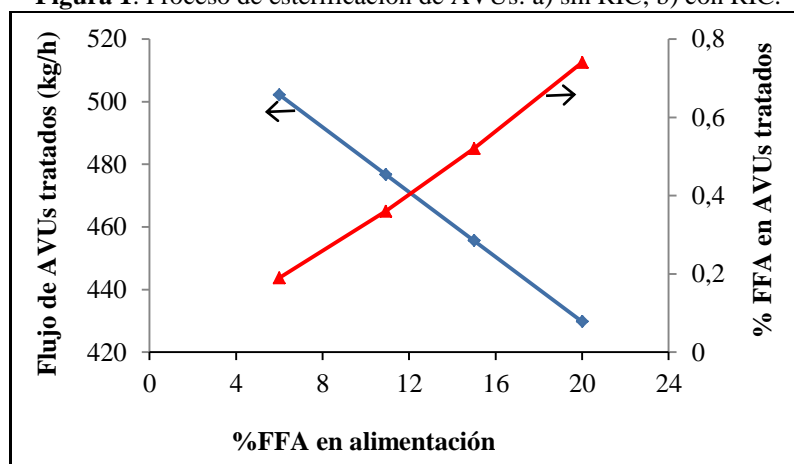
$$\% \text{ FFA en AVUs tratados} = 0,0393 \times \% \text{ FFA en alimentación} - 0,0575 \quad (1)$$

$$\text{Flujo de AVUs tratados (kg/h)} = -5,1728 \times \% \text{ FFA en alimentación} + 533,25 \quad (2)$$

Con la ecuación (1) se determinó que el máximo % de FFA en la alimentación que se puede tratar en el proceso de esterificación diseñado para un flujo másico de 680,7 kg/h corresponde a 14,19%, obteniendo un flujo de AVUs tratados de 459,87 kg/h (de ecuación 2) que cumple con la condición de contener no más de 0,5 % FFA.



**Figura 1.** Proceso de esterificación de AVUs: a) sin RIC; b) con RIC.



**Figura 2.** Flujo de AVUs tratados y % FFA en AVUs tratados en función de % FFA en alimentación.

## 5. Conclusiones

El proceso diseñado de esterificación de AVUs tiene una tolerancia de hasta 14,19% FFA, para cumplir la condición de contener menos de 0,5% FFA en los AVUs tratados para la posterior etapa de producción de biodiesel mediante transesterificación. Por otro lado, con la optimización energética del proceso diseñado se logra una reducción del 100% en el servicio de enfriamiento y del 20,12% del servicio de calentamiento, con lo que se demuestra que la integración reduce los requerimientos energéticos respecto al proceso no integrado. Estos resultados obtenidos por el método Punto de Pliegue se logran reproducir con el software Aspen Energy Analyzer<sup>®</sup> y a través de la simulación del proceso de esterificación con catálisis ácida en Aspen Plus<sup>®</sup>.

## 6. Bibliografía

- Aspentech, 2014. <http://www.aspentech.com/products/aspen-hx-net.aspx>.
- Berrios, M.; Siles, J.; Martín, M. A. ; Martín, A. (2007). A kinetic study of the esterification of free fatty acids (FFA) in sunflower oil. *Fuel*, 86(15): 2383-2388.
- Capdevila, V.; Orifici, L.; Gely, C. ; Pagano, A. (2012). Biodiesel a partir de aceites vegetales usados (AVUs). Paper presented at the Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP, San Rafael, Mendoza, Argentina.
- CHEMPRO, (abril, 2014). <http://www.chempro.in/fattyacid.htm>.
- CIARA (mayo, 2014), Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina, <http://www.ciara.com.ar/estadisticasNac.php>.
- CONSUMER, (nov, 2014) [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2010/06/24/193915.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2010/06/24/193915.php)
- Foon, C. S.; May, C. Y.; Ngan, M. A. ; Hock, C. C. (2004). Kinetics study on transesterification of palm oil. *Journal of Oil Palm Research*, 16(2): 19-29.
- Gan, S.; Ng, H. K.; Ooi, C. W.; Motala, N. O. ; Ismail, M. A. F. (2010). Ferric sulphate catalysed esterification of free fatty acids in waste cooking oil. *Bioresource Technology*, 101(19): 7338-7343.
- Glšić, S.; Lukic, I. ; Skala, D. (2009). Biodiesel synthesis at high pressure and temperature: Analysis of energy consumption on industrial scale. *Bioresource Technology*, 100(24): 6347-6354.
- Hamilton, R. J. ; Perkins, E. G. (2002). Química de los aceites y grasa usados para frituras. *A & G Magazine*, 3: 292-306.
- Jacobson, K.; Gopinath, R.; Meher, L. C. ; Dalai, A. K. (2008). Solid acid catalyzed biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Catalysis B: Environmental*, 85(1-2): 86-91.



- Jimenez Gutierrez, A. (2003). *Diseño de Procesos en Ingeniería Química*: Editorial Reverte.
- Kapilakam, K. ; Peugtong, A. (2007). A Comparison of costs of biodiesel production from transesterification. *International Energy Journal*, 8: 1-6.
- Kemp, I. C. (2007). *Pinch analysis and process integration: A user guide on process integration for the efficient use of energy*: Butterworth-Heinemann.
- Laborde, M. F.; Orifici, L. I.; Pagano, A. M. ; Gely, M. C. (2014). Redes de intercambio calórico en la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales usados. *Revista Cubana de Ingeniería*, 69-78.
- Lee, S.; Posarac, D. ; Ellis, N. (2011). Process simulation and economic analysis of biodiesel production processes using fresh and waste vegetable oil and supercritical methanol. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(12): 2626-2642.
- Linnhoff, B. ; Flower, J. R. (1982). *User guide on process integration for the efficient use of energy*: Institution of Chemical Engineers Rugby, Warwickshire, UK.
- Linnhoff, B. ; Hindmarsh, E. (1983). The pinch design method for heat exchanger networks. *Chemical Engineering Science*, 38(5): 745-763.
- Made in Argentina. (abril, 2014) . <http://www.made-in-argentina.com/empresas/898/alimentos-y-bebidas-aceites-aceite-de-maiz>.
- Mohammadshirazi, A.; Akram, A.; Rafiee, S. ; Bagheri Kalhor, E. (2014). Energy and cost analyses of biodiesel production from waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33: 44-49.
- Nasir, N. F.; Daud, W. R. W.; Kamarudin, S. K. ; Yaakob, Z. (2013). Process system engineering in biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22: 631-639.
- Renedo Estébanez, C. ; Fernández Díez, P. (2003a). Tecnología pinch para el diseño de redes de intercambiadores (II). Cálculo de la red por encima del pinch. *Ingeniería Química*, 403: 210-226.
- Renedo Estébanez, C. ; Fernández Díez, P. (2003b). Tecnología pinch para el diseño de redes de intercambiadores (III). Cálculo de la red por debajo del pinch, unión de las dos redes y optimización. *Ingeniería Química*, 404: 131-145.
- Sánchez, E.; Ojeda, K.; El-Halwagi, M. ; Kafarov, V. (2011). Biodiesel from microalgae oil production in two sequential esterification/transesterification reactors: Pinch analysis of heat integration. *Chemical Engineering Journal*, 176-177: 211-216.
- Sotoft, L.F.; Rong, B.G.; Christensen, K.V.; Norddahl, B. (2010). Process simulation and economical evaluation of enzymatic biodiesel production plant. *Bioresource Technology*, 101(14): 5266-5274.
- Talebian-Kiakalaieh, A.; Amin, N. A. S. ; Mazaheri, H. (2013). A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Energy*, 104: 683-710.
- Wang, L.; Dong, X.; Jiang, H.; Li, G. ; Zhang, M. (2014). Ordered mesoporous carbon supported ferric sulfate: A novel catalyst for the esterification of free fatty acids in waste cooking oil. *Fuel Processing Technology*, 128: 10-16.
- West, A. H.; Posarac, D. ; Ellis, N. (2008). Assessment of four biodiesel production processes using HYSYS.Plant. *Bioresource Technology*, 99(14): 6587-6601.
- Yaakob, Z.; Mohammad, M.; Alherbawi, M.; Alam, Z. ; Sopian, K. (2013). Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18(0): 184-193.
- Yun, H.; Wang, M.; Feng, W. ; Tan, T. (2013). Process simulation and energy optimization of the enzyme-catalyzed biodiesel production. *Energy*, 54(0): 84-96.
- Zapata, C. D.; Martínez, I. D.; Castiblanco, E. A. ; Henao Uribe, C. A. (2007). Producción de Biodiesel a partir de Aceite Crudo de Palma: 1. Diseño y Simulación de dos Procesos Continuos. *Dyna*, 71-82.
- Zhang, Y.; Dubé, M. A.; McLean, D. D. ; Kates, M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89(1): 1-16.



## 15TCQ - ESTUDIO DEL PROCESO DE SECADO DE PELICULAS DE CARBOXIMETILCELULOSA

GAMBONI, J. E.; SLAVUTSKY, A.M.; BERTUZZI, M. A.

INIQUI-CONICET. (Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Salta- UNSa.) Av. Bolivia 5150 - A4408FVY, Salta - Argentina.

E-mail: [jimenagamboni@gmail.com](mailto:jimenagamboni@gmail.com)

### Resumen

Los métodos para la formación de las películas poliméricas biodegradables responden a un proceso en el cual una fase sólida (la película) se obtiene a partir de una fase líquida, que puede ser una dispersión o solución, o bien un material fundido. Por lo tanto, las películas pueden obtenerse a través de dos métodos: un método húmedo que consiste en la evaporación del solvente de una solución del polímero o bien un método seco basado en las propiedades termoplásticas del mismo, tal como la extrusión. El objetivo de este trabajo fue obtener las curvas de secado de películas de carboximetilcelulosa y los parámetros cinéticos del proceso de secado que permitan la optimización del diseño y operación de equipos empleados en los métodos húmedos. Durante el proceso de secado de un gel de hidrocoloides se observan dos fenómenos: la difusión de las moléculas de agua a través del gel y la desorción y posterior evaporación del agua en la superficie de la matriz. Para el estudio, se dispuso de 30 g solución de carboximetilcelulosa al 1.5% en placas circulares que fueron secadas en condiciones constantes en estufa a 50, 60, 70 y 80°C con circulación forzada de aire, registrando la pérdida de peso cada un minuto. Para cada una de las condiciones se obtuvieron las curvas de cinética de secado en las que se distinguen tres periodos: de acondicionamiento, de velocidad constante y de velocidad decreciente. El periodo de velocidad constante, el cual está controlado por la evaporación del agua en la superficie de la película, inicia y termina en los tres casos alrededor de los mismos valores de humedad y en él se evapora un 77% del agua. Los valores de la velocidad de secado constante obtenidos son 0.0009, 0.0013, 0.0017 y 0.0022 g cm<sup>-2</sup>min<sup>-1</sup> para 50, 60, 70 y 80°C respectivamente. El coeficiente de transferencia de materia en esta etapa disminuye levemente con la temperatura y presenta un valor medio de 2.0x10<sup>-3</sup> kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Durante el periodo de velocidad decreciente la etapa controlante del proceso es la difusión de las moléculas de agua a través de la película. Los datos experimentales permitieron obtener los valores de las difusividades efectivas resultando: 1.6x10<sup>-6</sup>, 2.1x10<sup>-6</sup>, 2.5x10<sup>-6</sup> y 2.7x10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup> min<sup>-1</sup>, lo cual muestra un aumento con la temperatura de secado. El conocimiento de los coeficientes de transporte constituye una herramienta para el diseño del proceso de secado a nivel industrial.

### 1. Introducción.

Los métodos para la formación de las películas poliméricas biodegradables responden a un proceso en el cual una fase sólida (la película) se obtiene a partir de una fase líquida, que puede ser una dispersión o solución o bien un material fundido. Por lo tanto, las películas pueden obtenerse a través de dos métodos: un método húmedo que consiste en la separación del solvente de una solución del polímero o bien un método seco basado en las propiedades termoplásticas del mismo, tal como ocurre en el proceso de extrusión.

En el método húmedo el mecanismo por el cual se forma la película depende de si el polímero se encuentra disuelto o disperso. Para soluciones, la formación de la película ocurre cuando el solvente se evapora. En el caso de las dispersiones se requiere la coalescencia de cada unidad de polímero y la interpenetración de las cadenas poliméricas, por lo que presentan una temperatura mínima para la formación de la película. En ambos casos la velocidad de

evaporación del solvente es un factor crítico y depende de la temperatura, la presión atmosférica, la circulación de aire y la humedad relativa. Muchas de estas variables pueden ser ajustadas manipulando las condiciones operativas en el proceso de secado.

La formación de películas a partir de soluciones responde a un proceso sencillo en el que la solución de polímero se seca en condiciones controladas. El modelado de la cinética de secado tiene gran interés para estudios de optimización del diseño y operación de los equipos empleados para la obtención de películas. En los procesos de secado por aire caliente se observan, normalmente, tres periodos: un periodo de estabilización, donde las condiciones del material a secar se equilibran con las condiciones del aire de secado, un periodo de velocidad de secado constante, donde el secado ocurre como si se evaporara agua pura, y un periodo de velocidad de secado decreciente donde la eliminación de humedad es controlada por fuerzas internas.

El periodo de estabilización suele constituir una porción despreciable del ciclo de secado y en algunos casos puede no presentarse. Durante el periodo de velocidad constante, la superficie del producto está saturada de agua y el mecanismo que gobierna el secado durante esta etapa es la evaporación del agua. Durante esta fase, la velocidad de secado constante puede determinarse utilizando la ecuación de transferencia de materia en la interfase. De forma que:

$$N_c = K_y(Y_s - Y) \quad (1)$$

Donde  $N_c$  es la velocidad de secado ( $\text{g cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ),  $K_y$  es el coeficiente de transferencia de materia ( $\text{g cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ ),  $Y_s$  es la humedad de saturación a la temperatura de secado e  $Y$  humedad del aire en la corriente de aire de secado.

Al finalizar el periodo de velocidad constante, una vez alcanzado el contenido de humedad crítica  $X_c$  en el film, se inicia el periodo de velocidad decreciente. El secado finaliza al alcanzar el contenido de humedad de equilibrio  $X_{eq}$ . Durante este periodo la etapa controlante del proceso es la difusión de las moléculas de agua a través de la película. Por lo tanto, trabajando sobre la segunda ley de Fick (ecuación 2) se puede realizar el cálculo de la difusividad efectiva  $D_{ef}$ .

$$\frac{dX}{dt} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \quad (2)$$

Siendo  $X$  el contenido de humedad del sólido (g de agua por g de sólido seco) y  $L$  el espesor de la película (cm). Considerando que la distribución inicial de humedad es uniforme ( $X=X_0$  en  $t=0$ ) y que la superficie está en equilibrio con el medio seco ( $X=X_{eq}$  en  $x=0.5L$ ), se integra la ecuación 2 resultando:

$$\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \exp\left(-(2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef}}{L^2} t\right) \quad (3)$$

Empleando solo el primer término de la serie infinita de la ecuación 3, dado que los términos siguientes términos se hacen muy pequeños para tiempos largos, se obtiene la ecuación 4.

$$\frac{X-X_{eq}}{X_0-X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{ef}}{L^2} t\right) \quad (4)$$

Donde  $X_0$  es el contenido de humedad inicial (g de agua por g de sólido seco),  $D_{ef}$  es la difusividad efectiva en ( $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$ ). Finalmente el valor de la difusividad efectiva  $D_{ef}$  puede

obtenerse calculando la pendiente de la curva  $\ln (X-X_{eq})/(X_0-X_{eq})$  en función del tiempo  $t$  (Crank, 1975).

## **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo fue obtener las curvas de secado de películas de carboximetilcelulosa a diferentes temperaturas a fin de determinar los parámetros de la cinética de secado que permitan la optimización del diseño y operación de equipos para la producción de películas a escala piloto o industrial empleando los métodos húmedos.

## **3. Metodología.**

### **3.1 Preparación de la solución formadora de película.**

La solución formadora de película fue preparada a partir de carboximetilcelulosa, (Gelycel F1 4000, Amtex) 1.5% p/v, glicerol (Mallinckrodt) 20% p/p de polímero y agua destilada. La solución obtenida se colocó durante una hora en un baño ultrasónico a fin de eliminar burbujas de aire.

### **3.2 Secado.**

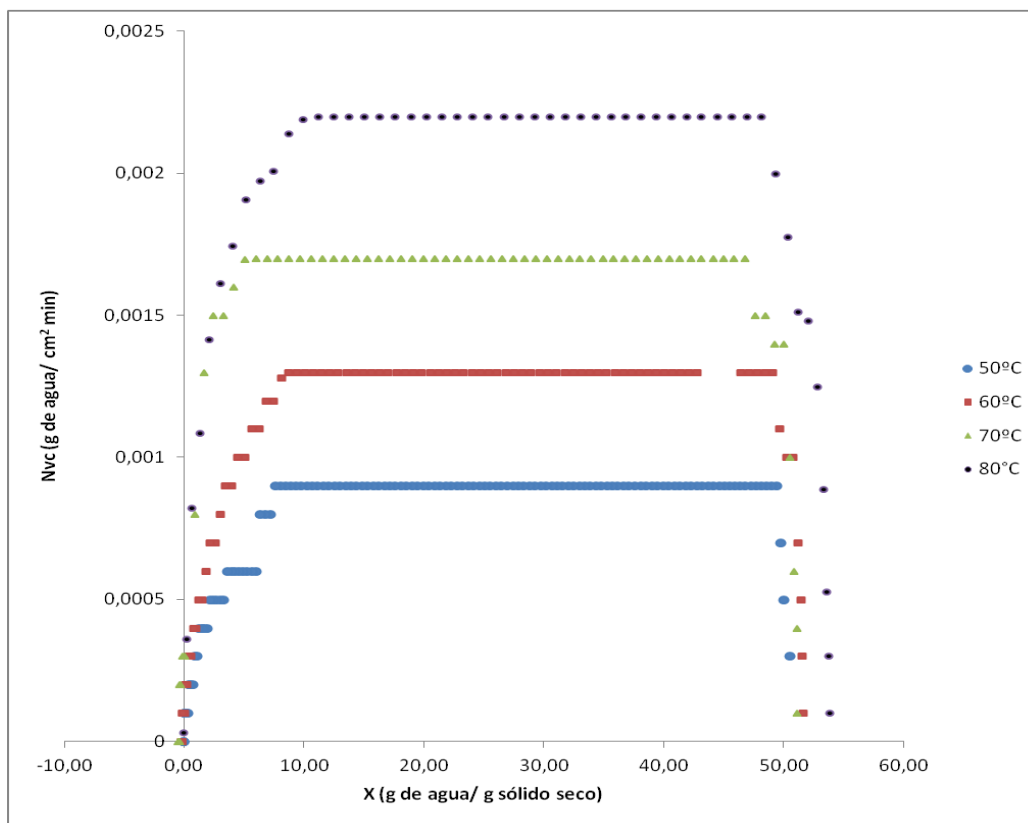
Se dispusieron 30 g de solución en una placa de Petri de polipropileno suspendida desde una balanza para el registro continuo del peso y dentro de una estufa. Dicha balanza se conecta a una computadora que registra la pérdida de peso cada un minuto. El secado se realizó en condiciones constantes, a tres temperaturas diferentes: 50, 60, 70 y 80°C con circulación forzada de aire. El proceso de secado se lleva a cabo hasta alcanzar un registro de peso constante.

### **3.3 Determinación del peso seco de las películas.**

Para determinar el peso seco de las películas, una vez finalizado el proceso de secado en las condiciones ensayadas, la película obtenida es llevada a una estufa a 100°C con circulación forzada de aire durante 24 horas.

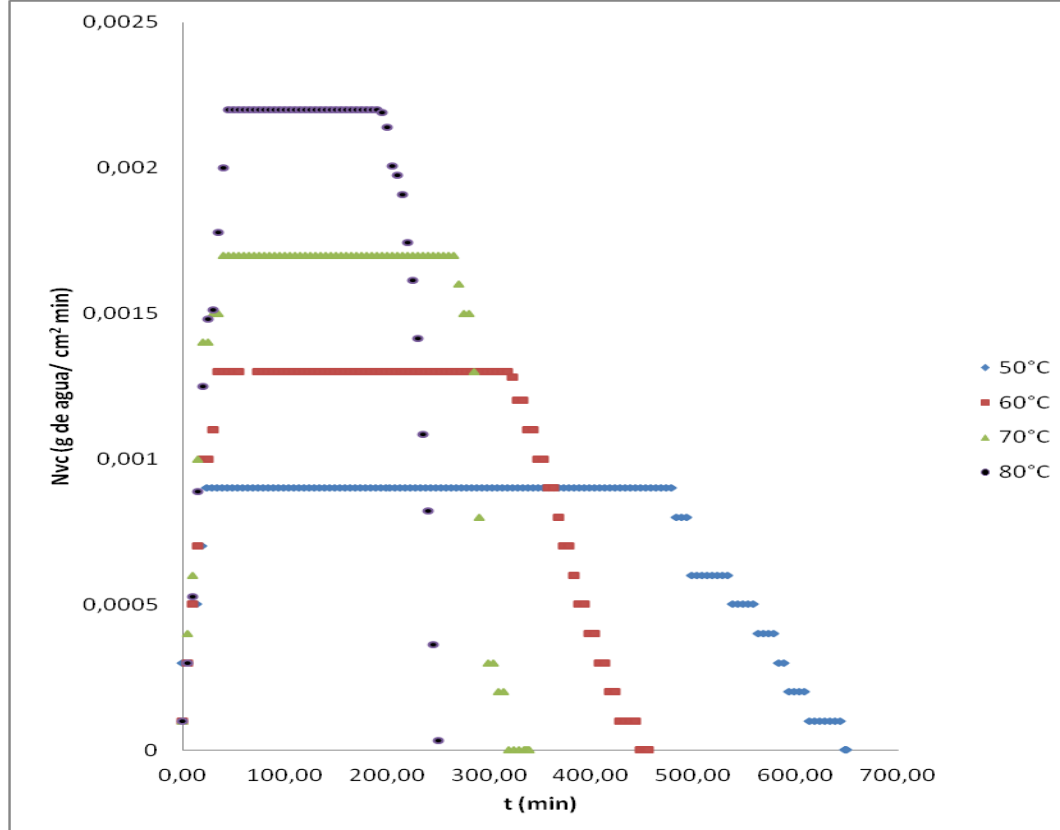
## **4. Resultados.**

En la Figura 1 se observan las curvas de secado obtenidas para las diferentes temperaturas estudiadas. En ellas se pueden distinguir los diferentes periodos de secado. En todos los casos los contenidos de humedad inicial y final para el periodo de velocidad constante son similares y, en ese período se evapora alrededor del 77% del agua.



**Figura 1.** Curva de secado para películas, velocidad de secado en función del contenido de humedad, para condiciones de temperatura de 50, 60, 70 y 80°C.

En la Figura 2 se observa que a medida que aumenta la temperatura de secado, se produce un leve aumento del tiempo del periodo de estabilización, relacionado a la mayor demora en alcanzar una mayor temperatura en la estufa; una disminución en el tiempo de secado a velocidad constante y decreciente debidos al aumento del flujo de agua ocasionado por el aumento en la fuerza impulsora del proceso (gradiente de concentración) a medida que aumenta la temperatura.



**Figura 2.** Curva de secado para películas, velocidad de secado en función del tiempo, para condiciones de temperatura de 50, 60 y 70°C.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros determinados a partir de las curvas de secado de la solución formadora de film para las distintas condiciones ensayadas. Se alcanzan valores de humedad de equilibrio promedio de 1.8 g/g, los valores de la velocidad de secado en el periodo de velocidad constante son mayores conforme aumenta la temperatura de operación, disminuyéndose notoriamente el tiempo requerido a medida que aumenta la temperatura.

**Tabla 1.** Parámetros determinados a partir de las curvas de secado.

	50°C	60°C	70°C	80°C
Humedad inicial $X_0$ (g/g)	52.16	53.30	53.36	56.53
Humedad Critica $X_c$ (g/g)	7.64	8.16	5.13	9.98
Humedad de equilibrio $X_{eq}$ (g/g)	1.16	1.49	1.78	2.68
Tiempo de secado a velocidad constante (min)	455	289	225	155
Velocidad de secado constante $N_c$ (g cm <sup>-2</sup> min <sup>-1</sup> )	$9 \times 10^{-4}$	$13 \times 10^{-4}$	$17 \times 10^{-4}$	$22 \times 10^{-4}$

En el periodo de velocidad constante se calcularon los coeficientes de transferencia de materia en la interfase de acuerdo con la Ecuación 1. Este coeficiente disminuye levemente con la temperatura, según se observa en la Tabla 2, y presenta un valor medio de  $2.0 \times 10^{-3}$  kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Los datos experimentales del periodo de velocidad decreciente permitieron obtener los valores del coeficiente de difusión efectiva que muestran un ligero aumento con la temperatura de secado (Tabla 2). Este aumento está relacionado a la mayor movilidad molecular causada por el aumento en la temperatura de secado del film

**Tabla 2.** Coeficientes de transferencia de materia y difusividades efectivas.

	50°C	60°C	70°C	80°C
Coeficiente de transferencia de materia ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$2.34 \times 10^{-3}$	$2.16 \times 10^{-3}$	$1.86 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-3}$
Difusividad efectiva ( $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$ )	$1.6 \times 10^{-6}$	$2.1 \times 10^{-6}$	$2.5 \times 10^{-6}$	$2.7 \times 10^{-6}$

Ambos coeficientes de transporte muestran una relación lineal con la temperatura en el rango estudiado con un coeficiente de ajuste de 0.99 en el primer caso y de 0.97 para la difusividad efectiva.

## 5. Conclusiones

Los ensayos realizados permitieron obtener curvas de secado para las películas que responden a los modelos de secado de sólidos húmedos en condiciones operativas constantes. Se observan tres periodos: un periodo de estabilización, un periodo de velocidad constante y un periodo de velocidad decreciente. A partir de los dos últimos periodos se han determinado los coeficientes de transporte y su variación con la temperatura. El conocimiento de dichos coeficientes de transporte constituye una herramienta fundamental para el diseño del proceso de secado a nivel industrial.

## 6. Bibliografía

- Crank J. (1975). The mathematics of diffusion. Clarendon Press, Oxford, England.
- Felton L. (2013). Mechanisms of film formation. International Journal of pharmaceutics 457: 423-427.
- McCabe W.L., Smith J.C., Harriot P. (1991). Operaciones Unitarias en ingeniería química. McGraw Hill, Madrid.

# 16TCQ - ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SEPARADORES CICLÓNICOS

COCCONI, M.B.<sup>1</sup>; RODRÍGUEZ, E. M.<sup>2</sup>; BARBOSA, M.R.<sup>1</sup>

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. A. del Valle 5737 - (7400) Olavarría. Argentina.**

**E-mail: mbarbosa@fio.unicen.edu.ar**

**2. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Paraje Arroyo Seco s/n – (B7000GHG) – Tandil. Argentina.**

## Resumen

El gran número de variables involucradas en la operación de los separadores ciclónicos dificulta el diseño sistemático, por lo que éste se basa en empirismos. La estadística puede aportar alternativas valiosas para obtener una funcionalidad y analizar la posible combinación de las variables que conduzcan a una buena eficiencia del dispositivo. En este trabajo se determinaron rangos óptimos de las variables de diseño para obtener superficies de respuesta que establezcan la máxima eficiencia de separación de partículas. Se utilizaron los análisis estadísticos uni y multivariado. Aplicando el primer análisis los resultados indican que la eficiencia aumenta con la velocidad de entrada y cuando lo hace el diámetro de partícula. Por otra parte disminuye al incrementarse el diámetro del ciclón y la temperatura. Sin embargo, el conocimiento empírico evidencia mejores rendimientos cuando se trabaja a mayores temperaturas. Esto se debe a la sinergia entre la velocidad de entrada y las altas temperaturas, lo que condiciona el fenómeno de resuspensión. Lo anterior plantea la necesidad de un análisis multivariado para el estudio de las condiciones de diseño. Este método permitió establecer escenarios parciales para obtener valores de eficiencia óptima, estableciendo rangos físicamente lógicos de cada variable.

## Introducción

Los separadores ciclónicos son cámaras de sedimentación en las que la fuerza gravitacional se sustituye por la centrífuga. Se fabrican en una amplia gama de materiales y prestan servicio a altas temperaturas y presiones (Hoffmann and Stein, 2002). La búsqueda de una alta eficiencia se dificulta debido al gran número de variables involucradas, por lo que el diseño se basa en empirismos. Los estudios estadísticos pueden aportar alternativas valiosas para obtener una funcionalidad entre las variables (Elsayed and Lacor, 2010, Elsayed and Lacor, 2013). Además permite analizar la posible sinergia de la combinación de las variables que incrementaría la eficiencia.

## Objetivos

Detectar rangos óptimos de las variables de diseño que maximicen la eficiencia de los ciclones.

Obtener superficies de respuesta de las variables involucradas para establecer la máxima eficiencia de separación de partículas.

## Metodología

La dependencia funcional de la eficiencia puede expresarse mediante una función generalizada:

$$\eta = f(G, Op, M) \quad (1)$$

donde G corresponde a la geometría y proporciones del ciclón. Op tiene en cuenta las condiciones de operación del ciclón. M caracteriza el material considerando aspectos como la

distribución de tamaño de partícula, la densidad del sólido, densidad y viscosidad del fluido, grado de humedad, aglomeración entre partículas y el contenido de polvo en el gas. Las condiciones de operación suelen ser las de mayor relevancia, dado que una vez construido el ciclón con una determinada geometría, ellas son las que pueden modificarse para brindar cierto grado de versatilidad en el funcionamiento, lo que permite cambios en la eficiencia de separación. Es bien conocido que a medida que se incrementa la velocidad de entrada ( $V_i$ ) se logran mejores resultados. Sin embargo esta variable no puede crecer indefinidamente porque dentro del ciclón ocurre el fenómeno de resuspensión de las partículas. Esto es, si la velocidad de entrada supera cierto valor, las partículas ya separadas en la tolva inferior pueden ser arrastradas hacia arriba por el flujo turbulento y ser resuspendidas, con lo que la eficiencia del ciclón disminuye. La velocidad a la que ocurre este fenómeno se denomina velocidad de saltación ( $V_s$ ). Por otra parte tampoco puede haber diferencias de presiones ilimitadas porque ésto genera una inviabilidad económica relacionada con el gran consumo energético que conlleva, especialmente en ciclones de gran tamaño.

La eficiencia puede obtenerse a través de diferentes modelos. Leith y Licht (Leith and Licht, 1972) proponen una teoría que predice las eficiencias de colección del material particulado teniendo en cuenta las propiedades físicas del aire cargado con partículas, como así también las proporciones del ciclón. Dirgo y Leith (Dirgo and Leith, 1985) presentan un modelo basado en el ajuste de datos experimentales. El modelo de número de vórtices, ecuación (2), relaciona la eficiencia del ciclón con los parámetros y condiciones de operación:

$$\eta_i = 1 - \exp \left[ \frac{-\pi N \rho_p D_p^2 V_i}{9 \mu b} \right] \quad (2)$$

donde:  $N$  es el número de giros,  $\rho_p$  y  $D_p$  son la densidad y el diámetro de la partícula, respectivamente,  $\mu$  es la viscosidad del gas y  $b$  es la altura de la boca de entrada del ciclón.

En este trabajo se calcula la eficiencia utilizando el modelo de número de vórtices combinado con la expresión de la velocidad de saltación, ecuación (3) y la correlación experimental establecida por Kalen y Zenz (Kalen, and Zenz, 1974), ecuación (4). Se obtienen las expresiones para la eficiencia en función de las variables más significativas, ecuaciones (5) y (6).

$$V_s = \frac{4.913 W K_b^{0.4} D_c^{0.067} \sqrt[3]{V_i^2}}{\sqrt[3]{1 - K_b}} \quad (3)$$

$$V_i = 1.25 V_s \quad [4]$$

$$\eta = 1 - \exp \left( \frac{-6.544 \rho_p D_p^2 V_i}{\mu} \right) \quad [5]$$

$$\eta = 1 - \exp \left( \frac{-5269.436 D_c^{-0.799} \rho_p D_p^2 (\rho_p - \rho)}{\rho^2} \right) \quad [6]$$

donde:  $W$  es la velocidad equivalente, que depende de las propiedades del fluido y de la partícula,  $K_b$  es una constante que relaciona parámetros geométricos del ciclón y  $\rho$  es la densidad del aire.



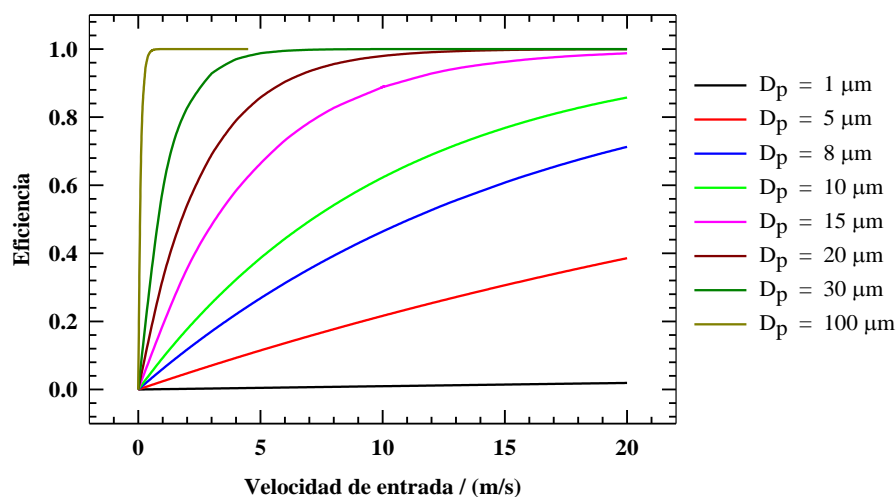
En una primera etapa se aplicó el análisis univariado que permitió establecer la dependencia de la eficiencia de separación con cada una de las variables de diseño. Sin embargo, este análisis resulta insuficiente ya que no tiene en cuenta la interacción entre las variables y cómo se potencian para actuar sobre la eficiencia. Esto condujo a emplear un análisis multivariado. Los métodos estadísticos y el análisis multivariado son herramientas estadísticas que estudian el comportamiento de tres o más variables al mismo tiempo. Se usan principalmente para buscar las variables menos representativas y poder eliminarlas, simplificando así modelos estadísticos. Además, permiten comprender la relación entre varios grupos de variables (Montgomery, 2004). Uno de los métodos multivariados es el de superficies de respuesta. Este método busca localizar las condiciones óptimas de operación del proceso, aportando una estrategia más completa, que incluye la posibilidad de efectuar varios experimentos secuenciales y el uso de técnicas matemáticas más avanzadas. Se trabajó con el software Statgrafic Centurión utilizando el Diseño de Box-Behnken.

### **Resultados y Discusión**

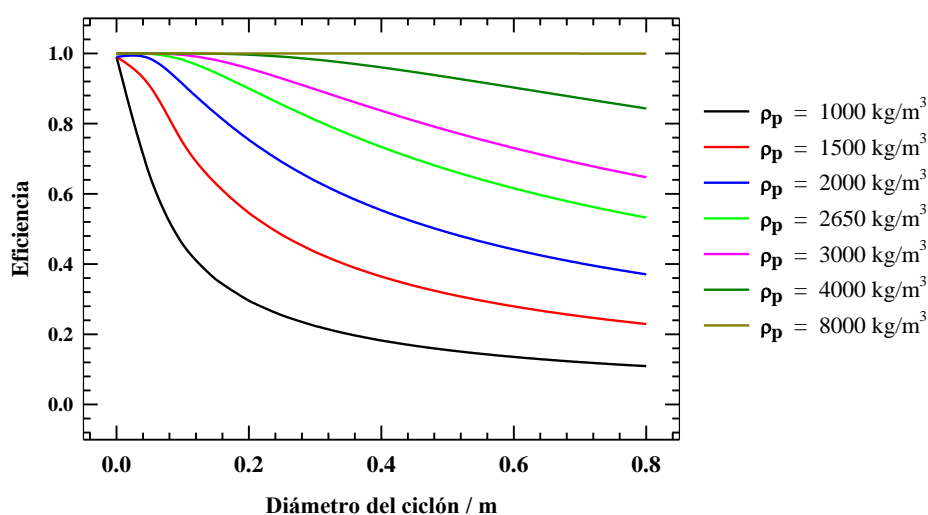
La figura 1 muestra la eficiencia de un ciclón de 20 cm de diámetro en función de la velocidad de entrada para diferentes diámetros de partícula. Se trabaja a 20°C empleando una caliza cuya densidad es de 2650 kg/m<sup>3</sup>. Por otra parte, es posible representar gráficamente la variación de la eficiencia con la velocidad de entrada utilizando como parámetros la temperatura y la densidad del material particulado. Cuando aumenta la densidad del sólido, la eficiencia también aumenta.

En la figura 2 se presenta la dependencia de la eficiencia con el diámetro del ciclón para diferentes materiales. Se considera una temperatura de 20°C y un diámetro de partícula de 5 micrones. Se puede observar que los ciclones pequeños resultan más eficientes. Cuando se utiliza el diámetro de partícula como parámetro, se observa que al incrementarse este último la eficiencia aumenta.

Cuando se analiza la variación de la eficiencia con la temperatura, empleando análisis univariado, los resultados parecieran ser confusos: Si se deja fija la velocidad de entrada, la eficiencia disminuye cuando se incrementa la temperatura. Sin embargo el conocimiento empírico evidencia mejores rendimientos cuando se trabaja a mayores temperaturas. Lo anterior ocurre debido a que, para altas temperaturas es posible incrementar la velocidad de entrada, pues los cambios en las propiedades del fluido elevan el valor de la velocidad de saltación. Esto conduce a que el fenómeno de resuspensión ocurra para caudales mayores y ésta es la verdadera causa de tener mejor eficiencia al incrementarse la temperatura de operación. Esta situación no puede ser reflejada empleando métodos univariados.



**Figura 1:** Dependencia de la eficiencia con la velocidad de entrada para diámetros de partícula de: 1, 5, 8, 10, 15, 20, 30 y 100 micrones.



**Figura 2:** Dependencia de la eficiencia con el diámetro del ciclón, para densidades del polvo de 1000, 1500, 2000, 2650, 3000, 4000 y 8000  $\text{kg/m}^3$ .

En consecuencia, se plantea la necesidad de un análisis multivariado. Para concretar el mismo se consideraron rangos físicamente reales de cada variable, estableciendo combinaciones de los mismos.

Una posible combinación de rangos de las variables es la siguiente:  $0.000005 < D_p/m < 0.00001$ ;  $0.5 < D_c/m < 0.8$ ;  $2000 < \rho_p/(\text{kg/m}^3) < 3000$ ;  $0 < T/^\circ\text{C} < 20$ . Utilizando el Statgrafic Centurión con el Diseño de Box-Behnken, se obtienen los resultados presentados en la tabla 1, con los parámetros que se indican.

**Tabla 1:** Análisis de Varianza para Eficiencia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: D <sub>p</sub>	0,522999	1	0,522999	2128,21	<b>0,0000</b>
B: D <sub>c</sub>	0,0411582	1	0,0411582	167,48	<b>0,0000</b>
C: ρ <sub>p</sub>	0,187288	1	0,187288	762,12	<b>0,0000</b>
D: T	0,00153127	1	0,00153127	6,23	<b>0,0281</b>
AA	0,000593787	1	0,000593787	2,42	0,1460
AB	0,000828767	1	0,000828767	3,37	0,0912
AC	0,00396767	1	0,00396767	16,15	<b>0,0017</b>
AD	0,0000337848	1	0,0000337848	0,14	0,7173
BB	0,000281957	1	0,000281957	1,15	0,3052
BC	0,000327456	1	0,000327456	1,33	0,2708
BD	0,00000283495	1	0,00000283495	0,01	0,9162
CC	0,00017197	1	0,00017197	0,70	0,4192
CD	0,0000133965	1	0,0000133965	0,05	0,8193
DD	0,00000180104	1	0,00000180104	0,01	0,9332
Error total	0,00294895	12	0,000245746		
Total (corr.)	0,762553	26			

R-cuadrado = 99,61 %. R-cuadrado (ajustada por los grados de libertad) = 99,16 %.  
 Error estándar del estadístico = 0,0157.

La tabla 1 de ANOVA particiona la variabilidad de la eficiencia. En este caso se observa que 5 efectos tienen un p-valor menor que 0,05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%. El estadístico R-Cuadrado explica 99,6 % de la variabilidad de la eficiencia. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99,2%. La tabla 2 muestra los coeficientes de regresión para la eficiencia.

**Tabla 2:** Coeficientes de regresión.

Coeficiente	Estimado
constante	0,460016
A: D <sub>p</sub>	0,208766
B: D <sub>c</sub>	-0,0585649
C: ρ <sub>p</sub>	0,124929
D: T	0,0112963
AA	-0,0105515
AB	-0,0143942
AC	0,0314947
AD	0,00290623
BB	0,00727097
BC	-0,00904788
BD	-0,000841866
CC	-0,00567842
CD	0,00183006
DD	-0,000581115

La ecuación de regresión del modelo ajustado es:

$$\eta = 0,460016 + 0,208766 D_p - 0,0585649 D_c + 0,124929 \rho_p + 0,0112963 T - 0,0105515 D_p^2 - 0,0143942 D_p D_c + 0,0314947 D_p \rho_p + 0,00290623 D_p T + 0,00727097 D_c^2 - 0,00904788 D_c \rho_p - 0,000841866 D_c T - 0,00567842 \rho_p^2 + 0,00183006 \rho_p T - 0,000581115 T^2$$

En la tabla 3 se presentan los valores de la eficiencia usando el modelo ajustado, los valores observados y los intervalos de confianza para la respuesta media.

**Tabla 3:** Resultados estimados para eficiencia

Fila	Valores Observados	Valores Ajustados	Intervalos de confianza para la media	
			Inferior 95,0%	Superior 95,0%
1	0,490564	0,460016	0,440296	0,479736
2	0,323064	0,328454	0,302368	0,354541
3	0,790014	0,808976	0,782889	0,835063
4	0,515674	0,513132	0,487046	0,539219
5	0,571165	0,565559	0,539472	0,591646
6	0,381839	0,386196	0,360109	0,412283
7	0,332713	0,338293	0,312206	0,36438
8	0,54144	0,537409	0,511322	0,563496
9	0,432186	0,460016	0,440296	0,479736
10	0,205071	0,203798	0,177712	0,229885
11	0,600688	0,592542	0,566455	0,618629
12	0,313513	0,319361	0,293274	0,345448
13	0,457297	0,460016	0,440296	0,479736
14	0,524646	0,518925	0,492838	0,545012
15	0,661302	0,654151	0,628064	0,680237
16	0,229938	0,231727	0,20564	0,257814
17	0,281374	0,287162	0,261075	0,313249
18	0,597685	0,591812	0,565725	0,617899
19	0,500129	0,496128	0,470041	0,522215
20	0,244961	0,248507	0,22242	0,274594
21	0,28402	0,29214	0,266053	0,318227
22	0,392266	0,397686	0,371599	0,423773
23	0,648356	0,643447	0,61736	0,669534
24	0,675004	0,671852	0,645765	0,697939
25	0,414664	0,418595	0,392508	0,444682
26	0,159158	0,141585	0,115498	0,167672
27	0,737213	0,73846	0,712373	0,764547

La tabla 4 muestra el trayecto de máximo ascenso para la eficiencia, desde el centro de la región experimental, a través del cual la respuesta estimada cambia más rápidamente con un cambio menor en los factores experimentales. En la tabla 5 se muestra la combinación de los niveles de los factores que maximiza la eficiencia sobre la región indicada, resultando un valor óptimo de 0.91.

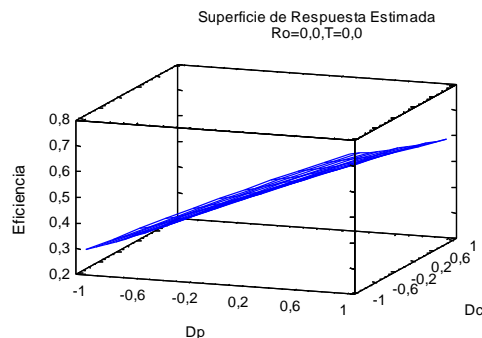
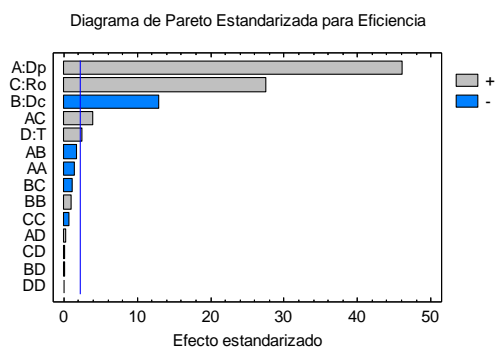
**Tabla 4:** Camino de máximo ascenso.

				Predicción para
D <sub>p</sub>	D <sub>c</sub>	ρ <sub>p</sub>	T	Eficiencia
0,0	0,0	0,0	0,0	0,460016
1,0	-0,336051	0,657044	0,0636429	0,786889
2,0	-0,783039	1,41707	0,14563	1,17609
3,0	-1,33377	2,25681	0,243915	1,63961
4,0	-1,9772	3,15559	0,356042	2,18672
5,0	-2,70113	4,09699	0,479607	2,82446

**Tabla 5:** Combinación de los niveles de los factores.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
D <sub>p</sub>	-1,0	1,0	0,975999
D <sub>c</sub>	-1,0	1,0	-0,989767
ρ <sub>p</sub>	-1,0	1,0	1,0
T	-1,0	1,0	1,0

El diagrama de Pareto indica que hay cuatro parámetros significativos para un nivel de confianza del 95%.



## Conclusiones

El análisis univariado resulta útil para establecer la dependencia de la eficiencia de separación con cada variable. Sin embargo, el gran número de ellas hace que el resultado de este análisis sea inadecuado debido a que no contempla las combinaciones de todos los aspectos del diseño.

Los métodos multivariados, como las superficies de respuesta, resultan apropiados para este estudio. El amplio rango de variación de cada una de las variables hace que no sea posible establecer una única superficie. En consecuencia se establecieron escenarios parciales para buscar la eficiencia óptima, determinando rangos lógicos de cada variable.

## Referencias

- Dirgo, J.; Leith, D. (1985). Filtration and Separation, 119, 125.
- Elsayed, K.; Lacor, C. (2010). Optimization of the cyclone separator geometry for minimum pressure drop using mathematical models and CFD simulations  
Chemical Engineering Science 65. 6048–6058
- Elsayed, K.; Lacor, C. (2013). CFD modeling and multi-objective optimization of cyclone geometry using desirability function, artificial neural networks and genetic algorithms.  
Applied Mathematical Modelling 37 (2013) 5680–5704
- Hoffmann, A.C.; Stein, L.E. (2002). Gas Cyclones and Swirl Tubes. Second Edition. Springer Verlag, Berlín. Chapter fifteen: 341-342.
- Kalen, B.; Zenz, F.A. (1974). Theoretical Empirical Approach to Saltation Velocity in Cyclone Design. AIChE Symposium, 70 (137): 388-396.
- Leith, D; Licht, W. (1972). The collection efficiency of cyclone type particle collectors-a new theoretical approach, AIChE Symp. Ser. 68, 126, 196-206.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa Wiley. 2da. Edición.

# 17TCQ - EFECTO DEL TIRON EN LA DEPOSICION ELECTROFORETICA DE BIOGLASS<sup>®</sup> SOBRE ACERO INOXIDABLE

QUIROGA, G. A.; CLAVIJO, S. C.; SANTILLAN, M. J.

CONICET.

FCAI, UnCuyo. Bernardo de Irigoyen 375. San Rafael, Mendoza. 5600. Argentina.

Facultad de Ingeniería, UnCuyo. Parque Gral. San Martín, Mendoza. 5500. Argentina  
[giselaquiroga5@gmail.com](mailto:giselaquiroga5@gmail.com)

## Resumen

Empleando la técnica de deposición electroforética se realizaron recubrimientos de *Bioglass*<sup>®</sup> (BG) sobre sustratos de acero inoxidable. La suspensión de BG que se utilizó para el proceso contiene Tiron (estabilizante y agente generador de carga) que de acuerdo a previos estudios demostró que estabiliza las suspensiones de BG por fenómenos electrostáticos. Se empleó una suspensión acuosa conteniendo 10%wt de BG, manteniendo constante la relación BG/Tiron en pH alcalino de 10. Las condiciones de trabajo: tiempo de deposición y distancia entre electrodos, se mantuvieron constantes a 8 min. y 2 cm, respectivamente.

Se trabajó con diferentes voltajes analizando su influencia en la tasa de deposición y aspecto del recubrimiento. El rango de voltaje utilizado fue entre 1,5-6,5 V. La deposición de BG en todos los casos fue anódica.

Se identificó una dependencia estrecha entre el voltaje aplicado y la tasa de deposición de la EPD. La mayor tasa de deposición se obtuvo trabajando con voltaje de 6,5 V, con un aspecto superficial del recubrimiento poroso.

La presencia de poros en el recubrimiento da indicios de la formación de burbujas de gas durante el proceso. Debido a esta observación, se trabajó a voltajes inferiores a 6,5 V.

Bajo todas las condiciones de voltaje se obtuvieron recubrimientos, la presencia de poros en el recubrimiento aumentó con el aumento del voltaje aplicado. Se estableció una situación de compromiso entre la tasa de deposición y el aspecto del recubrimiento.

Teniendo en cuenta esta situación, se seleccionó un voltaje de trabajo óptimo para el proceso de EPD. Este voltaje seleccionado se empleó para evaluar la tasa de deposición obtenida trabajando con distintos tiempos de deposición.

## 1. Introducción

Los recubrimientos bioactivos sobre sustratos metálicos son importantes ya que los metales solos son bioinertes y luego de la implantación ellos pueden ser encapsulados con un tejido fibroso (Jones, 2013).

Un método para mejorar la adhesión superficial del implante con el tejido, mejorando la fijación del dispositivo es recubriéndolo con materiales bioactivos (Krause et al, 2006). Los recubrimientos bioactivos tienen el potencial de mejorar la estabilidad del implante. Los vidrios bioactivos fueron desarrollados por primera vez por Hench y colaboradores en 1971. Estos vidrios tiene la capacidad de formar una capa de hidroxycarbonato apatita (HCA) biológicamente activa, químicamente y estructuralmente equivalente a la fase mineral del hueso, esta similitud es importante para generar una fuerte unión interfacial entre el implante y el tejido (Krause et al, 2006). La capa de HCA se forma sobre el vidrio bioactivo como resultado de su disolución.

Se han desarrollado diferentes técnicas para obtener recubrimientos inorgánicos sobre sustratos metálicos. La EPD es una de las técnicas más destacadas debido a su simplicidad,

bajo costo en equipamiento, la posibilidad de depositar sobre sustratos con forma compleja, y producir un recubrimiento de gran homogeneidad microestructural (Krause et al, 2006).

En la EPD, partículas de polvo cargadas, dispersas o suspendidas en un medio líquido son atraídas y depositadas sobre un sustrato de carga opuesta, por aplicación de un campo eléctrico (Besra y Liu, 2007).

Si las partículas se mantienen separadas dentro de la suspensión y llegan a depositarse sobre el sustrato de manera individual, como partículas individuales, se logran altas densidades del depósito, y debido a la uniformidad en el empaquetado de las partículas, se logra una gran uniformidad del espesor del depósito (Besra y Liu, 2007).

Un paso crítico en el proceso de EPD es la creación de una suspensión estable y dispersa, de manera que las partículas puedan moverse independiente e individualmente en el solvente, evitando la formación de floculos, impidiendo así que las partículas depositen en forma floculada y no producir depósitos con baja densidad, no uniformes que tienen mayor probabilidad de quebrantarse durante el proceso de secado.

Según distintos reportes bibliográficos sobre el uso de Tirón, es bien conocido como un eficiente dispersante soluble en sistemas acuosos y con una fuerte afinidad por compuestos ricos en silicatos como lo es el BG (Linquin y Lian, 2003), (Jelena et al, 2008), (Labrette et al, 2004).

## **2. Procedimiento experimental**

### **2.1 Materiales:**

Para el estudio experimental se utilizó polvo de vidrio bioactivo (**45S5 Bioglass®**) de composición: 45%  $SiO_2$ , 24.5%  $Na_2O$ , 24.4%  $CaO$  y 6%  $P_2O_5$  con tamaño de partícula  $<5\mu m$ .

El Tirón (ácido 1,2-dihidroxibenceno-3,5-disulfónico) es una especie química débilmente ácida ( $pK_a = 7,3$ ) con un peso molecular de 332,22, perteneciente a un grupo de compuestos orgánicos denominados catecoles, estos son especies químicas que contienen un anillo de benceno con dos grupos hidroxilo en la posición orto, donde el más simple de estos es el pirocatecol, 1,2-dihidroxibenceno, para el caso del Tirón es conocido también como Pirocatecol-3,5- disulfonato de sodio (Sodium pyrocatechol-3,5-disulfonate) (Labrette et al, 2006).

### **2.2 EPD de recubrimientos Bioglass® 45S5 (BG) estabilizado con Tirón**

Se preparó una solución de Tirón (6.7 g/l) en agua mediante agitación magnética seguida de agitación por ultrasonido, ambas agitaciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente.

La suspensión de BG (10% wt) fue preparada agregando el polvo de BG a la solución anterior, las partículas fueron dispersadas mediante agitación magnética y agitación ultrasónica, a temperatura ambiente.

El Tirón es un dispersante sulfónico del tipo aniónico perteneciente a la familia de los catecoles, el cual realiza la estabilización de suspensiones acuosas. La estabilización se logra debido al hecho de que las moléculas de Tirón se adsorben sobre la superficie de las partículas de polvo BG (Linquin y Lian, 2003), (Jelena et al, 2008). En nuestro caso la adsorción de Tirón sobre las partículas de BG es llevada a cabo por medio de la formación de complejos (esfera interna compleja) entre los grupos funcionales alcohólicos presentes en la molécula de Tirón y los grupos silicatos presentes en el BG (Labrette et al, 2006), esto conduce a generar una doble capa eléctrica (D.C.E) sobre dicha partícula. Esta D.C.E posee una alta

densidad de carga eléctrica negativa debido a la disociación de los grupos sulfonatos ( $\text{SO}_3^- \text{Na}^+$ ) del *Tirón*. Esta densidad de carga contribuye a que se origine altas fuerzas repulsivas entre las partículas de la suspensión, logrando así la estabilidad de la misma (Lauconer, 2001). Se trabajó en rango de pH alcalino 10.

Como sustratos para la deposición fueron utilizados electrodos de acero inoxidable, AISI 316L (0,2 mm de espesor), se utilizó este material como sustrato debido a su biocompatibilidad y bajo costo comparado con aleaciones de Ti.

Como primera parte en este trabajo se realizaron una serie de EPD a voltajes constantes de 1,5; 2,5; 3,5; 4 y 6,5 V, en todas ellas se mantuvo el tiempo de deposición constante a 8 minutos.

En una segunda etapa, se realizó otra serie de EPD a tiempos de 8, 12, 16 y 20 minutos, manteniendo constante el voltaje aplicado en 4 V. En ambas condiciones se mantuvo constante la distancia entre electrodos en 2 cm.

La celda para EPD consiste en un contenedor de vidrio y dos electrodos, una chapa de Ti fue utilizada como contraelectrodo. Ambos, sustrato y contraelectrodo fueron conectados a una fuente de corriente continua. Los electrodos fueron cuidadosamente lavados utilizando acetona y alcohol para mejorar la adhesión del recubrimiento.

Las muestras obtenidas con cada EPD se dispusieron en un disecador a T ambiente durante 24 hs, con el fin de extraerles la humedad.

La deposición en todas las experiencias fue anódica.

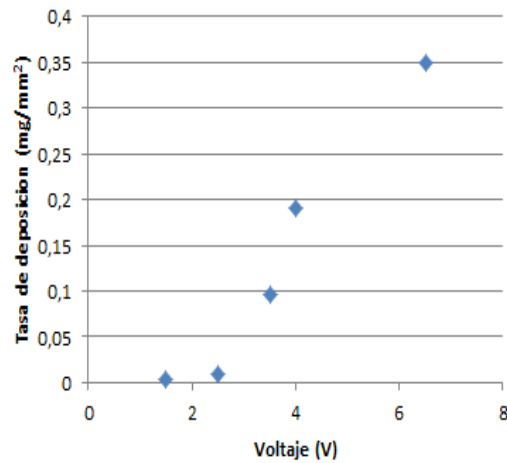
### 3. Resultados y Discusión

Los resultados de la tasa de deposición obtenida a distintas magnitudes de voltaje aplicado permiten observar (figura I) una dependencia estrecha entre el voltaje aplicado y la tasa de deposición. Se observa que la máxima tasa de deposición se obtuvo trabajando con el mayor de los voltajes, en cuanto al aspecto del recubrimiento obtenido en estas condiciones presento poros mostrándolo no homogéneo. La presencia de poros es una consecuencia de la formación de burbujas de gas durante el proceso de EPD, dichas burbujas se forman debido al proceso de óxido-reducción de las moléculas de agua del solvente.

Bajo todas las condiciones de voltaje se obtuvieron recubrimientos, pero la presencia de poros aumentó apreciablemente con el aumento del voltaje aplicado, disminuyendo de esta manera la homogeneidad de dichos recubrimientos.

Mediante este trabajo se pudo observar que al aplicar un voltaje superior a 4 V, la presencia de poros en el recubrimiento es muy alta, lo que estaría indicando que trabajando con voltajes superiores la formación de burbujas de gas se vuelve relevante. En contrapartida observamos un aumento apreciable de la tasa de deposición a partir de los 4 V, aproximadamente. Es aquí donde identificamos una situación de compromiso entre tasa de deposición y aspecto estructural del recubrimiento. Teniendo en cuenta esta situación seleccionamos el voltaje óptimo de trabajo.

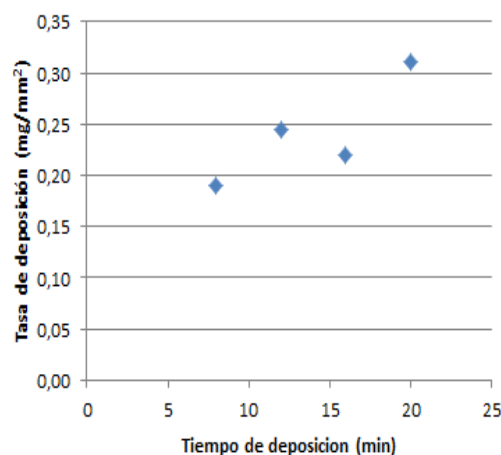




**Figura I-** Tasa de deposición obtenida en el deposito vs Voltaje aplicado

Manteniendo el voltaje de trabajo constante en 4 V, se estudió la relación entre tasa de deposición y tiempo de deposición. Los resultados de la experiencia están plasmados en la figura II, en donde se muestra una dependencia con tendencia lineal.

La mejor tasa de deposición se obtuvo usando un tiempo de deposición de 20 minutos, el aspecto del recubrimiento fue muy bueno y sin presencia apreciable de poros. Podría pensarse como criterio en aumentar aún más la tasa de deposición de la EPD, aumentando el tiempo por encima de 20 min, esto no es factible ya que a partir de los 20 min la estabilidad de la suspensión cae apreciablemente.



**Figura II-** Tasa de deposición obtenida en el deposito vs Tiempo aplicado

#### 4. Conclusión

La EPD de partículas de Bioglass®45S5 sobre sustratos de acero inoxidable fue posible y utilizando Tirón como estabilizador de las partículas de BG. Se destaca el hecho de usar agua como disolvente y no usar un sistema no acuoso, evitando de esta manera los problemas asociados que ello arrastra, como son problemas medioambientales, costos elevados, toxicidad, etc.

Las experiencias se llevaron a cabo lidiando todo el tiempo con el fenómeno no deseado de formación de burbujas de gas sobre el sustrato y su consecuencia negativa en el aspecto microestructural del recubrimiento. Este fenómeno si bien es inevitable se pudo minimizar al

manipular el voltaje aplicado. Bajo estas condiciones se optimizaron los parámetros de la EPD, de manera de obtener la mayor tasa de deposición posible con un aspecto microestructural del recubrimiento aceptable.

## BIBLIOGRAFIA

Besra L., Liu M. (2007). "A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD)". *Progress in Materials Science*; 52.

Boccaccini A.R. (2013). Dickerson J.H. "Electrophoretic Deposition: Fundamentals and Applications. *Journal Physical Chemistry B*; 117 (6)

Jelena, G.; Ljiljana, C.; Slobodan, M. (2008). "Stability of Alumina Suspensions in the Presence of Tiron"; *J. Ceramics International* 34: 23-26.

Jones J.R. (2013). "Review of bioactive glass: From Hench to hybrids". *Acta Biomaterialia*; 9

Krause D., Thomas B., Leinenbach C., Eifler D., Minay E.J., Boccaccini A.R. (2006). "The electrophoretic deposition of Bioglass\ particles stainless steel and Nitinol substrates". *Surface & Coatings Technology*; 200

Linquin, J.; Lian, G. (2003). "Effect of Tiron Adsorption on the Colloidal Stability of Nano-Sized Alumina Suspension"; *J. Materials Chemistry and Physics* 80:157-161.

Labrette S.; Pagnoux, C.; Abélard, P. (2004). "Stability of aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions: influence of ethanol"; *J. colloid and Interface Science* 280:400-408

Labrette S.; Pagnoux, C.; Abélard, P. (2006). "Fabrication of titania dense layers by electrophoretic deposition in aqueous media. *J. European Ceramic Society* 26:2727-2734

Laucorner, R.; Pagnoux, C.; Chartier, T.; Baumard, J.F. (2001). "Catechol Derivates and Anion Adsorption onto Alumina Surfaces in Aqueous Media: Influence on the Electrokinetic Properties"; *J. of European Ceramic Society* 21: 869-878.

## 18TCQ - PREDICCIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIMIENTO DE PARTÍCULAS EN UN GRANULADOR DE LECHO FLUIDO

VILLA, M.; COTABARREN, I.; BERTÍN, D; PIÑA, J.; BUCALÁ, V.

Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Sur (UNS). Planta Piloto de Ingeniería Química (UNS - CONICET). Camino La Carrindanga Km 7 - (8000) Bahía Blanca, Argentina.

E-mail: [icotabarren@plapiqui.edu.ar](mailto:icotabarren@plapiqui.edu.ar)

### Resumen

Los granuladores, equipos en los que se produce el aumento de tamaño de partículas, suelen presentar problemas operativos debido a que en ellos se produce una competencia entre diferentes mecanismos de crecimiento (aglomeración/recubrimiento). Por lo tanto, es de suma importancia desarrollar herramientas que permitan predecir bajo qué condiciones operativas se desencadenan los distintos eventos de crecimiento.

A partir de información experimental disponible para un sistema de granulación fundida de urea en lecho fluido con atomización de ligante por fondo, en primer lugar se estudió la validez de números adimensionales propuestos en la literatura: Número de Stokes y Número de Flujo, los cuales han sido reportados como exitosos para predecir el mecanismo de crecimiento dominante en la granulación de otros sistemas partículas-ligantes. Para el caso específico de la granulación de urea, ambos números presentaron limitaciones de aplicabilidad. Por esta razón, se postuló un parámetro adimensional ( $R$ ) para predecir la ocurrencia de aglomerados en función de variables operativas en el proceso de granulación de urea. El criterio propuesto permite, para un amplio rango de condiciones operativas, predecir de manera exitosa la ocurrencia de aglomeración. Consecuentemente, se presenta una herramienta de utilidad práctica ya que posibilita establecer, ante un cambio en una variable operativa, la compensación a implementar en otra a los efectos de mantener el mecanismo de crecimiento deseado.

### 1. Introducción

La granulación es una operación unitaria ampliamente utilizada en diversas industrias para el aumento de tamaño de partículas. Para la obtención de los gránulos se requieren tres componentes principales: semillas, un ligante y agitación. Uno de los equipos de mayor uso industrial para llevar a cabo esta operación es el granulador de lecho fluido, donde el ligante se atomiza sobre las semillas y la agitación es provista por el aire de fluidización. El crecimiento de las semillas dentro del lecho fluido está principalmente gobernado por dos mecanismos: aglomeración (coalescencia de dos o más partículas para formar aglomerados) y recubrimiento (crecimiento del gránulo por deposición de capas externas o finas gotas sobre la superficie de las partículas) [1]. Estos equipos suelen presentar problemas operativos de importancia. Por ejemplo, puede producirse una aglomeración descontrolada que provoque la defluidización del lecho y, consecuentemente, una parada de la unidad.

Según la naturaleza del ligante, la granulación se clasifica como húmeda, seca o fundida. Numerosos autores estudiaron el proceso de granulación húmeda, prestando particular atención al efecto de variables de proceso y propiedades físico-químicas del ligante en solución acuosa o de las semillas sobre la cinética de crecimiento en lechos fluidos [2-4]. Respecto a la granulación fundida, diversos autores evaluaron la influencia de variables de proceso (viscosidad, tamaño de gota atomizada y caudal del ligante; tamaño de semillas; presión del aire de atomización y caudal del aire de fluidización) sobre el producto granular

para lechos fluidos con atomización por tope [5-8]. En todos los casos, utilizaron semillas de distinta naturaleza y tamaño muy pequeño (similar o menor que el de las gotas atomizadas), siendo el mecanismo de crecimiento predominante la aglomeración (i.e., crecimiento por recubrimiento puro despreciable).

Si bien las conclusiones de estos estudios proporcionan información valiosa, no son directamente aplicables a la producción de gránulos relativamente grandes (i.e., semillas de tamaño mayor que la gota atomizada) por recubrimiento en lechos fluidos con atomización por fondo de un ligante de la misma naturaleza que las semillas. Para un sistema de este tipo, específicamente la granulación de urea, nuestro grupo de investigación exploró el efecto de variables operativas sobre la calidad del producto granular con el fin de identificar la regiones de operación que conducen a crecimiento por recubrimiento puro o bien combinado con aglomeración [9, 10]. Hasta el momento, no se cuenta con una herramienta que permita identificar bajo qué condiciones operativas el mecanismo de crecimiento dentro del granulador de lecho fluido de urea se aleja del deseado (recubrimiento).

En este contexto, se planteó como objetivo del presente trabajo establecer un parámetro para predecir la ocurrencia de aglomerados en función de variables operativas del granulador, considerando los datos experimentales disponibles y las teorías existentes en la literatura. El parámetro propuesto, que tiene en cuenta efectos cinéticos y viscosos, incluye las variables de proceso más relevantes: caudal de ligante, velocidad del aire de fluidización, caudal de aire de atomización y tamaño de semillas.

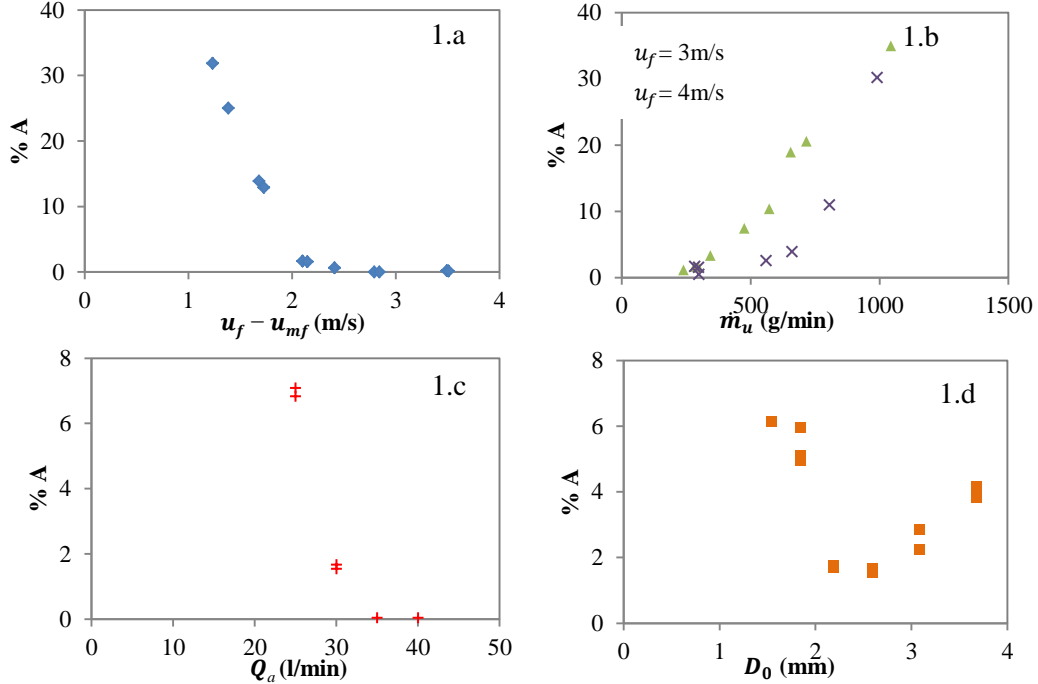
## 2. Información experimental y modelos previos

El parámetro postulado en el presente trabajo se obtuvo en base a datos experimentales obtenidos en un granulador escala piloto de lecho fluido discontinuo, constituido por un recipiente de acero inoxidable cónico y donde el ligante, en este caso urea fundida, se atomiza por medio de una boquilla binaria situada en el fondo del equipo. Las experiencias se realizaron perturbando una variable operativa por vez. Las variables analizadas fueron: caudal de aire de fluidización ( $Q_f$ ), caudal de urea fundida ( $\dot{m}_u$ ) evaluado a dos velocidades de aire de fluidización diferente, caudal de aire de atomización ( $Q_a$ ) y diámetro de semilla ( $D_0$ ) [9].  $Q_f$  es proporcional a la velocidad de exceso que se define como la diferencia entre la velocidad superficial del aire en el lecho ( $u_f = Q_f/A_T$ ,  $A_T$ = área transversal del lecho) y la velocidad mínima de fluidización de las semillas ( $u_{mf}$ ):  $Q_f \sim (u_f - u_{mf})$ . Se llevaron a cabo un total de 35 experimentos, determinando la distribución de tamaño del producto granular final mediante tamizado. Los aglomerados, constituidos por la unión de dos o más semillas primarias, fueron reconocidos por observación visual y se cuantificó su peso. El porcentaje de aglomerados (%A) en el producto granular para cada experiencia se determinó como:

$$\%A = \frac{\text{masa de semillas aglomeradas}}{\text{masa total final del producto granular}} \times 100 \quad (1)$$

En la Fig. 1 se presenta el porcentaje de aglomerados en función de las variables operativas estudiadas. Se observa en las Fig. 1.a y c que a bajas velocidades del aire de fluidización y bajos caudales de aire de atomización los porcentajes de aglomerados son mayores. Estos resultados coinciden con los obtenidos tanto para granulación húmeda [2] como fundida [8]. Cuanto mayor es la velocidad con que las partículas circulan por la zona de atomización del fundido (es decir, cuanto mayor es  $Q_f$ ), mejor es la distribución de la urea fundida sobre las semillas y menor la probabilidad de formación de grandes aglomerados. El caudal de ligante también afecta de manera significativa el %A (Fig. 1.b) ya que a mayores  $\dot{m}_u$  aumenta la superficie de semillas mojadas, incrementando las fuerzas cohesivas que tienden a unir las partículas [5, 6, 9]. Por último, el %A ante variaciones en el tamaño de semilla (Fig. 1.c), presenta un punto mínimo. Para tamaños de semillas pequeños (i.e., menores a 2.5 mm), mayores  $D_0$  conducen a una disminución en el porcentaje de aglomerados, en total acuerdo

con estudios reportados [6]. Sin embargo, para tamaños de semillas mayores a 2.5 mm, un aumento en  $D_0$  produce un mayor porcentaje de aglomerados. Esto último puede deberse a que las partículas de mayor tamaño poseen menor área específica (menor superficie disponible para la deposición de las gotas de ligante), por lo cual, a igual masa de ligante, la capa viscosa que se forma sobre las semillas es mayor, favoreciendo la formación de aglomerados.



**Figura 1:** %A en función de variables operativas: a)  $(u_f - u_{mf})$ , b)  $\dot{m}_u$ , c)  $Q_a$  y d)  $D_0$ .

Ennis y colaboradores [11] fueron los primeros en introducir una caracterización microscópica del fenómeno de granulación para explicar el proceso de aglomeración. La teoría establecida supone el acercamiento de dos partículas en movimiento con una velocidad dada y la posterior formación del puente líquido dinámico entre ellas. Para que la aglomeración sea exitosa, el puente líquido debe solidificarse, manteniendo ambas partículas unidas. El modelo de Ennis define dos números adimensionales: los números de Stokes viscoso ( $St_v$ ) y crítico ( $St^*$ ). El  $St_v$  representa la relación entre la energía cinética de las colisiones entre partículas y la disipación viscosa que provoca el puente líquido dinámico, y se define como:

$$St_v = \frac{4\rho_p D_0 u_0}{9\mu} \quad (1)$$

donde  $\rho_p$  es la densidad de la partícula,  $\mu$  la viscosidad del ligante y  $u_0$  la velocidad de colisión entre partículas, que a su vez puede asumirse proporcional a la velocidad de exceso ( $u_f - u_{mf}$ ). Por otro lado,  $St^*$  se define como:

$$St^* = \left(1 + \frac{1}{e}\right) \ln\left(\frac{h_{melt}}{h_a}\right) \quad (2)$$

donde  $e$  es el coeficiente de restitución, el cual es una medida del grado de conservación de la energía cinética en un choque entre partículas,  $h_{melt}$  es el espesor de la película de líquido que recubre la partícula y  $h_a$  es la altura de la rugosidad de la superficie del gránulo.

El modelo de Ennis establece que si  $St_v < St^*$  todas las colisiones son exitosas, i.e. se produce aglomeración, mientras que si  $St_v > St^*$  los gránulos crecen por recubrimiento porque la coalescencia no es factible. Las variables del proceso afectan en general ambos números de Stokes, y el desafío reside en determinar los parámetros o variables que los definen, los cuales son función de las variables operativas del granulador.

Por su parte, Akkermans y colaboradores introdujeron otro parámetro adimensional derivado de la producción industrial de detergentes por granulación en lechos fluidos con atomización por tope [12]. Este parámetro se conoce como “Número de Flujo” (FN) y ha sido particularmente empleado por Boerefijn y colaboradores tanto para el escalado de procesos de granulación desde batch a continuo como para el modelado del mecanismo de aglomeración [7, 13]. El FN describe el balance entre el flujo de partículas sólidas en la zona de atomización del ligante (i.e., teniendo en cuenta que la atomización es por el tope de la unidad, representa el área de contacto ligante-partículas en la parte superior del lecho fluido) y el flujo de sólidos mojados [7], y se expresa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FN = \log \left[ \frac{(u_f - u_{mf}) A \rho_p}{\dot{m}_l} \right] \quad (3)$$

donde  $\dot{m}_l$  es el caudal de ligante y  $A$  representa el área de contacto entre el cono formado durante la atomización del ligante y la superficie del lecho fluido. Este área se evalúa a la distancia  $D_{\text{spray}}$  de la boquilla, la cual está dada por:

$$D_{\text{spray}} = H_{\text{boq}} - H_{\text{bed}} \quad (4)$$

donde  $H_{\text{boq}}$  es la altura de la boquilla y  $H_{\text{bed}}$  la altura del lecho fluido.

De acuerdo a los estudios realizados por Akkermans,  $FN > 3$  garantiza el crecimiento de las partículas por recubrimiento. Sin embargo, FN excesivamente altos deben evitarse porque causan efectos no deseados (e.g., en procesos batch, tiempos operativos muy largos por bajos  $\dot{m}_l$ ; en procesos continuos, equipos más grandes para tener igual tiempo de residencia; elutriación de partículas a muy altos  $Q_f$ ).

Asimismo, Wasserman y colaboradores [14] utilizaron el criterio establecido por Akkermans para determinar el régimen operativo de un granulador de lecho fluido con atomización por tope para la producción de detergentes, encontrando como rango operativo  $3.5 < FN < 5$ . Estos autores utilizaron además el número de Stokes viscoso como criterio para asegurar crecimiento por recubrimiento puro ( $St_v > 10$ , preferentemente  $100 < St_v < 1000$ ).

### 3. Resultados

En primer lugar, se estudió la validez de los distintos números adimensionales propuestos en la literatura para el sistema bajo estudio. A partir de los datos experimentales disponibles, se evaluaron  $St_v$  y  $St^*$  según a las Ec. (1) y (2). Cabe aclarar que el valor de  $e$  experimental para los gránulos de urea es 0.35 y que  $h_a$  se estableció en 0.01 mm en base a fotografías SEM de las partículas de urea. Para cada experiencia realizada,  $h_{\text{melt}}$  se calculó a partir del tamaño de las semillas y la masa atomizada de ligante durante el tiempo de granulación.

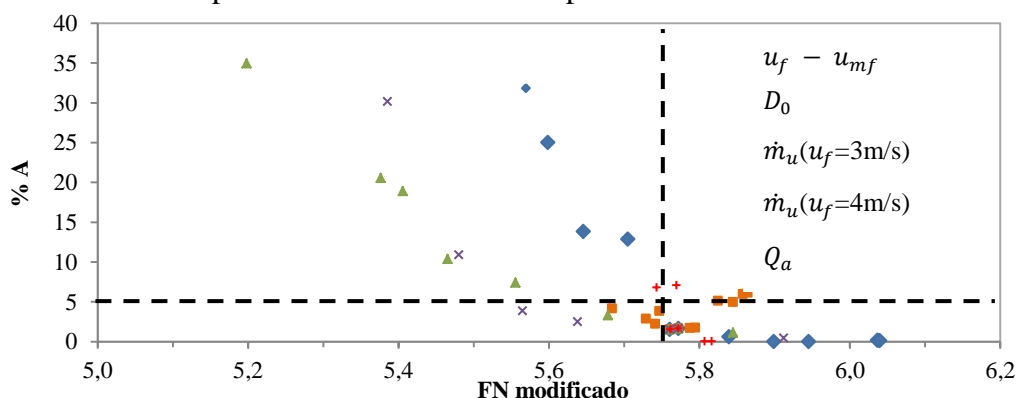
En la Tabla 1 se reportan  $St_v$  y  $St^*$  para las 35 experiencias realizadas, que implican variaciones en  $u_f - u_{mf}$  (Exp. 1 a 9), en  $\dot{m}_u$  para dos  $u_f$  diferentes (Exp. 10 a 16 y 17 a 21), en  $Q_a$  (Exp. 22 a 25) y en  $D_0$  (Exp. 26 a 35). En todos los casos se verifica que  $St_v > St^*$ , indicando que el mecanismo de crecimiento preponderante es el recubrimiento puro. Claramente, este resultado no está en concordancia con la formación de aglomerados observada en varias experiencias (ver Fig. 1). Mas aún, los valores del número de Stokes viscoso se encuentran entre 981 y 2789, muy por encima del valor mínimo ( $St_v > 10$ ) señalado por Wasserman y colaboradores [14] para garantizar crecimiento de partículas exclusivamente por recubrimiento puro e incluso fuera del rango  $100 < St_v < 1000$  reportado como preferente para operar exitosamente en régimen de recubrimiento [15]. En conclusión, tanto el criterio desarrollado por Ennis [11] como el propuesto por Wasserman [14] en base al número de Stokes resultan inválidos para el sistema bajo estudio.

**Tabla 1.** Comparación entre el  $St^*$  y  $St_v$  para las distintas pruebas realizadas. I y II corresponden a los casos base, comunes a todas las variaciones realizadas.

base, comunes a todas las variaciones realizadas.														
Variaciones en														
$u_f - u_{mf}$			$\dot{m}_u$ ( $u_f=3\text{m/s}$ )			$\dot{m}_u$ ( $u_f=4\text{m/s}$ )			$Q_a$			$D_0$		
	$St^*$	$St_v$		$St^*$	$St_v$		$St^*$	$St_v$		$St^*$	$St_v$		$St^*$	$St_v$
<b>1</b>	11.2	981	<b>10</b>	11.0	1667	<b>17</b>	11.0	2434	<b>22</b>	10.7	1611	<b>26</b>	12.3	2019
<b>2</b>	11.2	1101	<b>11</b>	10.9	1634	<b>18</b>	10.6	2419	<b>23</b>	10.9	1639	<b>27</b>	12.3	2019
<b>3</b>	10.9	1336	<b>12</b>	10.8	1699	<b>19</b>	10.5	2413	<b>24</b>	10.8	1648	<b>28</b>	11.6	1845
<b>4</b>	11.0	1374	<b>13</b>	10.4	1663	<b>20</b>	10.4	2420	<b>25</b>	10.8	1655	<b>29</b>	11.6	1830
<b>5</b>	11.0	1916	<b>14</b>	10.5	1658	<b>21</b>	10.3	2392				<b>30</b>	10.3	1426
<b>6</b>	10.8	2220	<b>15</b>	10.5	1694							<b>31</b>	10.2	1442
<b>7</b>	10.9	2260	<b>16</b>	10.2	1639							<b>32</b>	9.7	1260
<b>8</b>	11.0	2777				<b>I</b>	10.7	1670				<b>33</b>	9.7	1278
<b>9</b>	10.8	2789				<b>II</b>	10.6	1707				<b>34</b>	9.8	1285
												<b>35</b>	9.0	1151

Asimismo, se analizó el criterio de FN. Para determinar este parámetro mediante la Ec. (5), se requiere conocer el área de contacto del spray con la superficie del lecho fluido. Esta variable es fácilmente determinable en granuladores con atomización por tope. Sin embargo, el proceso en estudio presenta una atomización de ligante por el fondo de la unidad. En otras palabras, el spray de gotas de ligante se encuentra inmerso en el lecho fluido de partículas, por lo cual no existe un área de contacto definida. Para estimar valores de FN representativos del sistema de granulación de urea, se modificó el valor del grupo funcional reportado por Akkermans dividiendo por el área de spray informada en dicha contribución. Así, se obtuvo para FN un rango óptimo comprendido entre 5 y 7.5. Luego, se calculó el FN modificado (Ec. 5 sin considerar el área de contacto entre el spray y el lecho fluido) para los distintas experiencias realizadas (ver Fig. 2).

Como se observa en la Fig. 2, para asegurar un régimen donde predomine el recubrimiento puro (%A menor a 5% en peso), el FN modificado debe ser mayor a 5.75, mientras que el FN modificado en base al límite reportado por Akkermans establece que para valores mayores a 5 se garantiza el crecimiento por recubrimiento puro. Claramente, todas las experiencias estudiadas (inclusive aquellas con alto porcentaje de aglomerados) se encuentran por encima de este valor, indicando que el valor absoluto mínimo sugerido por dicha teoría no es aplicable al sistema en estudio. Además, este criterio no provee un único valor de FN modificado que permita estimar la condición de formación de aglomerados, en efecto el valor FN límite inferior es dependiente de las variables operativas.



**Figura 2:** Porcentaje de aglomerados en función de FN modificado.

Teniendo en cuenta las limitaciones de aplicabilidad de los criterios reportados a la granulación de urea fundida, se procedió a postular un parámetro adimensional ( $R$ ) que

permitiera identificar unívocamente el régimen de crecimiento de las partículas. Para ello, se consideró el efecto de las variables de proceso más relevantes (caudal de ligante, caudal de aire de atomización, tamaño de las semillas y velocidad en exceso del aire de fluidización) sobre el porcentaje de aglomerados. La funcionalidad de cada variable operativa involucrada en el parámetro de aglomeración se determinó mediante un análisis de las diferentes fuerzas y fenómenos involucrados en la granulación de las partículas por inyección de un ligante fundido en un lecho fluido, teniendo en cuenta que:

- Tal como establece el FN, el crecimiento de las partículas en lechos fluidos es un balance entre las fuerzas disruptivas que tienden a separar las partículas que entran en contacto y la proporción de las mismas que se encuentra mojada por el ligante, es decir:

$$R \sim \frac{(u_f - u_{mf})}{\dot{m}_u} \quad (5)$$

- En acuerdo con el criterio propuesto por Ennis, no sólo posee un rol relevante la velocidad de colisión entre partículas (proporcional a  $u_f - u_{mf}$ ) sino también el tamaño de las partículas. Como es de esperar, las partículas más grandes tienen asociada una inercia mayor que tiende a separarlas, evitando la aglomeración. Por consiguiente:

$$R \sim D_0 \quad (6)$$

- Numerosos autores analizaron también el crecimiento de las partículas en relación al tamaño relativo entre la gota de ligante ( $d_g$ ) y las semillas ( $D_0$ ) [5-8]. Para semillas considerablemente más grandes que las gotas atomizadas, se logra una mejor distribución y un secado/solidificación más rápido del ligante depositado sobre la superficies sólidas disminuyendo la probabilidad de formación de aglomerados [5]. Tal como establecen Hede y colaboradores [16] para boquillas de tipo binaria (como la usada en el presente trabajo) el tamaño de las gotas atomizadas está asociado al caudal de ligante ( $\dot{m}_u$ ) y al caudal de aire de atomización ( $Q_a$ ), siendo este tamaño relativo proporcional a:  $\dot{m}_u/Q_a^2$ . Por lo tanto, se postuló:

$$R \sim \frac{D_0}{d_g} \sim \frac{D_0 Q_a^2}{\dot{m}_u} \quad (7)$$

- Para lechos fluidos con partículas clase D, cuando la velocidad del aire supera la de mínima fluidización, inmediatamente se forman burbujas. Las burbujas generan fenómenos complejos como el arrastre de sólidos a la superficie del lecho fluido y la agitación constante y vigorosa que, sin duda, afectan el mecanismo de crecimiento dominante. Por ende, la formación de aglomerados puede estar también relacionada con el tamaño de las burbujas presentes en el lecho. Burbujas con diámetros ( $d_b$ ) mayores provocan un arrastre continuo de sólidos, incrementando la velocidad puntual de las partículas y por consiguiente la fuerza disruptiva de los posibles aglomerados en formación, lo cual favorece el crecimiento por recubrimiento. En consecuencia,  $R \sim d_b$ . Para calcular el diámetro de burbujas en lechos fluidos existen numerosas correlaciones, aplicables a distintos materiales, equipos y condiciones operativas. Para lechos fluidos con partículas clase D y altos caudales de aire de fluidización, Kunii y Levenspiel [17] reportan una correlación donde  $d_b$  es proporcional a la velocidad en exceso al cuadrado, luego:

$$d_b \sim (u_f - u_{mf})^2 \sim R \quad (8)$$

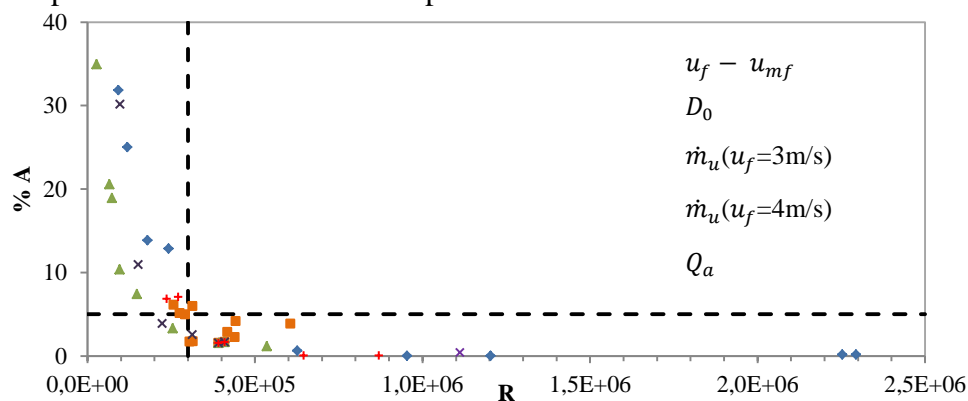
Considerando los postulados anteriores e incorporando propiedades de las partículas y el ligante atomizado para obtener un parametro adimensional,  $R$  resulta:

$$R = \frac{D_0^2 Q_a^2 (u_f - u_{mf})^3}{\dot{m}_u^2} \frac{\rho_p^2}{\mu \sigma} \quad (9)$$

donde  $\rho_p$  es la densidad de las partículas, y  $\mu$  y  $\sigma$  la viscosidad y tensión superficial del ligante fundido, respectivamente. Cabe aclarar que, tal como ocurre con FN, altos valores de  $R$  están asociados a porcentajes de aglomerados bajos; es decir, al recubrimiento puro como mecanismo de crecimiento predominante.



En la Fig. 3 se muestra el porcentaje experimental de aglomerados en función del parámetro  $R$  propuesto. Se observa que el mismo permite representar adecuadamente la formación de aglomerados para diferentes condiciones operativas mediante una relación unívoca.



**Figura 3:** Porcentaje de aglomerados en función del parámetro  $R$ .

Fijado un límite de aglomerados admisible, puede establecerse el valor de  $R$  adecuado. Por ejemplo, si el valor máximo de aglomerados fuese un 5%,  $R$  debería ser mayor a  $3.0 \times 10^5$  cualquiera sea la combinación de las variables operativas elegida.

#### 4. Conclusiones

A través de un enfoque que contempla los fenómenos físicos que tienen lugar durante la granulación fundida en lechos fluidos, se desarrolló un parámetro adimensional denominado “parámetro de aglomeración” que describe adecuadamente datos experimentales correspondientes a la granulación fundida de urea en un lecho fluido escala piloto con atomización de ligante por fondo bajo diversas condiciones operativas.

El criterio propuesto permite, para un amplio rango de condiciones operativas, predecir de manera exitosa la ocurrencia de aglomeración. Consecuentemente, se presenta una herramienta de utilidad práctica ya que posibilita establecer, ante un cambio en una variable operativa, la compensación a implementar en otra a los efectos de mantener el mecanismo de crecimiento deseado.

#### Referencias

- [1] Saleh, K., Steinmetz, D. & Hemati, M., 2003. *Powder Technol.*, 130, pp.116–123.
- [2] Smith, P.G. & Nienow, A.W., 1983. *Chem. Eng. Sci.*, 38, 1223–1231..
- [3] Pont, V. et al., 2001. *Powder Technol.*, 120(1-2), pp.97–104.
- [4] Hemati, M. et al., 2003. *Powder Technol.*, 130(1-3), pp.18–34..
- [5] Abberger, T., Seo, A. & Schaefer, T., 2002. *Int. J. of Pharm.*, 249(1-2), pp.185–97.
- [6] Seo, A., Holm, P. & Schaefer, T., 2002. *Eur. J. of Pharm. and Bioph.*, 16(3), pp.95–105.
- [7] Boerefijn, R. & Hounslow, M.J., 2005. *Chem. Eng. Sci.*, 60(14), pp.3879–3890.
- [8] Tan, H.S., Salman, a. D. & Hounslow, M.J., 2006. *Chem. Eng. Sci.*, 61(5), pp.1585–1601.
- [9] Veliz, S. et al., In *6th International Granulation Workshop*; Sheffield, England, 2013.
- [10] Cotabarren, I.M. et al., 2012. *Urea: Synthesis, Properties and Uses*. NOVA Publishers, pp. 1–63.
- [11] Ennis, B.J., Tarados, G. & Pfeffer, R., 1991. *Powder Technol.*, 65, 257–272.
- [12] Akkermans, J.H.M. et al., 1998. Production of detergent granules.
- [13] Boerefijn, R. et al., 2013. *Chem. Eng. Sci.*, 86, 137–145.
- [14] Wasserman, M. et al., 2000. Process for coating detergent granules in a fluidized bed.
- [15] Hede, P.D., Bach, P. & Jensen, A.D., 2008a. *Chem. Eng. Sci.*, 63(3), pp.815–828
- [16] Hede, P.D., Bach, P. & Jensen, A.D., 2008b. *Powder Technol.*, 184(3), pp.318–332.
- [17] Kunii, D., Levenspiel, O., 1991. *Fluidization Engineering*. Butterworth-Heinemann.

# **19TCQ - COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE NANOFLUIDOS PARA LA RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO**

**FERNÁNDEZ, L.; CLARAMONTE, L.**

**Departamento de Química, Universidad Nacional del Comahue. Argentina.  
fernangl@yahoo.com;laura.fernandez@fain.uncoma.edu.ar**

## **Resumen**

En los yacimientos maduros, debe recurrirse a procesos de recuperación terciaria para incrementar la producción de petróleo y disminuir el corte de agua. Entre ellos, la inyección de soluciones de polímeros permite aumentar la eficiencia de barrido y es una de las estrategias utilizadas en la recuperación mejorada de petróleo por la inyección de químicos (CEOR). Luego de un estudio cuidadoso, queda seleccionado el polímero - poliacrilamidas de alto peso molecular específicamente diseñadas- cuya concentración queda establecida por condiciones de reservorio y naturaleza del crudo a movilizar. En este trabajo se demuestra que la adición de nanopartículas de diferente naturaleza química y forma, son capaces de modificar en diferente extensión las propiedades reológicas de la solución polimérica.

## **1. Introducción**

La recuperación primaria y secundaria de petróleo logran una eficiencia combinada de aproximadamente el 30%, quedando un importante remanente en el reservorio. A partir de la década del 70 debido al aumento del precio del crudo, es rentable una recuperación terciaria, lo que requiere de la inyección de fluidos especiales tales como polímeros, álcalis, surfactantes o combinación de ellos. A esta etapa de recuperación por la inyección de químicos se la conoce como recuperación mejorada de petróleo, CEOR (Chemical Enhanced Oil Recovery).

En Argentina, la recuperación primaria y secundaria de petróleo han dominado los campos petrolíferos hasta la actualidad. Sin embargo la madurez de los pozos acompañada de la baja producción de crudo y la disminución de los precios de los polímeros, han llevado a los operadores locales a volcar la mirada hacia el EOR con polímero. Para mejorar la eficiencia de barrido, se utilizan polímeros específicamente diseñados para esta aplicación. Su selección se realiza en la etapa de screening y depende de condiciones de reservorios. El producto debe cumplir con varios requisitos y la concentración a utilizar se especifica para alcanzar una viscosidad target.

Diversos estudios han demostrado que el agregado de partículas inorgánicas en dimensiones nanométricas (generalmente óxidos metálicos, arcillas y carburos) logran mejorar las propiedades reológicas de soluciones poliméricas o impactan en otras propiedades de la roca del reservorio y aumentan la recuperación de petróleo. Tal es el caso de la modificación de la mojabilidad en reservorios de carbonato utilizando nanopartículas de  $\gamma$ -alúmina en la inyección (0,5 % wt), incrementando un 11,25% la recuperación de petróleo, (Mohsen, 2014). Distintas nanopartículas fueron investigadas en diferentes fluidos desplazantes, demostrando que afectan la mojabilidad de la roca y la viscosidad del fluido desplazado, (Ogolo, 2012).

La adición de arcillas exfoliadas con polivinilpirrolidona a varias poliacrilamidas para EOR permitieron obtener sistemas estables y aumentar la viscosidad con referencia al polímero referente, (Castro 2012).

Este trabajo centra su interés en analizar si el comportamiento reológico de una poliacrilamida diseñada para EOR (FLOPAMM 3631S) es modificado por la adición de diferentes

nanopartículas esféricas de óxidos metálicos y funcionalizados (Fernández, 2008), y arcillas laminares exfoliadas (Castro, 2012).

## 2. Objetivo

Analizar el comportamiento reológico de diferentes nanofluidos, constituidos por una solución de poliacrilamida en salmuera y diferentes nanopartículas.

## 3. Metodología

El polímero escogido para este trabajo es el FP 3631S, una poliacrilamida hidrolizada comercial (co-polímero de poliacrilato/poliacrilamida) de la serie de polímeros FLOPAAM™ pertenecientes a SNF Floerger, especialmente diseñadas para aplicaciones en EOR. El polímero se dispone en forma de polvo seco, posee un peso molecular de 20 millones de Dalton y una carga aniónica entre el 25% al 30%.

Diferentes nanopartículas fueron utilizadas para la síntesis del nanofluido: nanopartículas de  $\gamma$ -alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) de 50 nm de diámetro de Sigma-Aldrich, CAS 1344-28-1,  $\gamma$ -alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) modificada con 3-aminopropiltrimetoxisilano (APS) (Tena et al, 2010),  $\gamma$ -alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) modificada con polivinilpirrolidona (PVP) por polimerización in situ del monómero 1-vinil-2-pirrolidona (Fernández et al., 2008) y una bentonita proveniente de un depósito localizado en la provincia de Río Negro, Argentina (Área Lago Pelegrini), constituida en un 98% por montmorillonita exfoliada con PVP como polímero precursor (Castro, 2012).

La salmuera está constituida por las sales de la Tabla 1 y simula una condición de reservorio.

**TABLA 1:** Composición de la salmuera por litro

Sal	concentración
NaCl	5,9938 g/L
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0889 g/L
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,0715 g/L

Para la preparación del nanofluido se siguió la norma API 63, adicionando 0,1 g/L de cada nanopartícula a la salmuera en agitación, permitiendo su dispersión previo al agregado del polímero en polvo. La concentración de polímero fue de 1000 ppm y se consideraron 5 días de hidratación para comenzar los estudios reológicos. La nomenclatura para los distintos nanofluidos se presenta en la Tabla 2.

**TABLA 2:** Identificación de los nanofluidos

Nanopartícula	Nanofluido
-	Polímero Referencia
Al virgen	3631s / Al virgen
Al-APS	3631s / Al-APS
Al-PVP	3631s / Al-PVP
Arcilla-PVP	3631s / Arcilla-PVP

El comportamiento reológico fue analizado a 25 °C con un Reómetro Anton Paar MCR 302 utilizando la geometría PP20/MRD/TI. Las poliacrilamidas presentan un comportamiento no Newtoniano, por lo que se barrieron tasas de corte ( $\dot{\gamma}$ ) en el rango 0,02-500  $\text{seg}^{-1}$ . Los datos experimentales fueron ajustados al modelo de Carreau (ecuación 1) de cuatro parámetros (Figura 1).

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0 - \eta_\infty} = (1 + (\lambda * \dot{\gamma})^2)^{(n-1)/2} [=] adim. \quad (1)$$

Donde:

$\eta$  (cP): viscosidad aparente

$\eta_0$  (cP): viscosidad aparente a tasa de corte cero o muy baja.

$\eta_\infty$  (cP): viscosidad aparente a tasa de corte muy alta.

$\dot{\gamma}$  ( $\text{seg}^{-1}$ ): tasa de corte

$\lambda$  (seg): constante de tiempo que indica la desviación a tasa de corte cero de la ley de la potencia.

(n-1): pendiente de la porción de los datos que corresponden a la ley de la potencia.

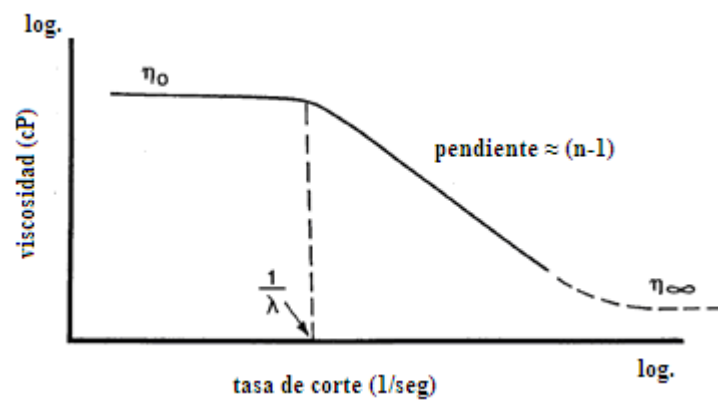
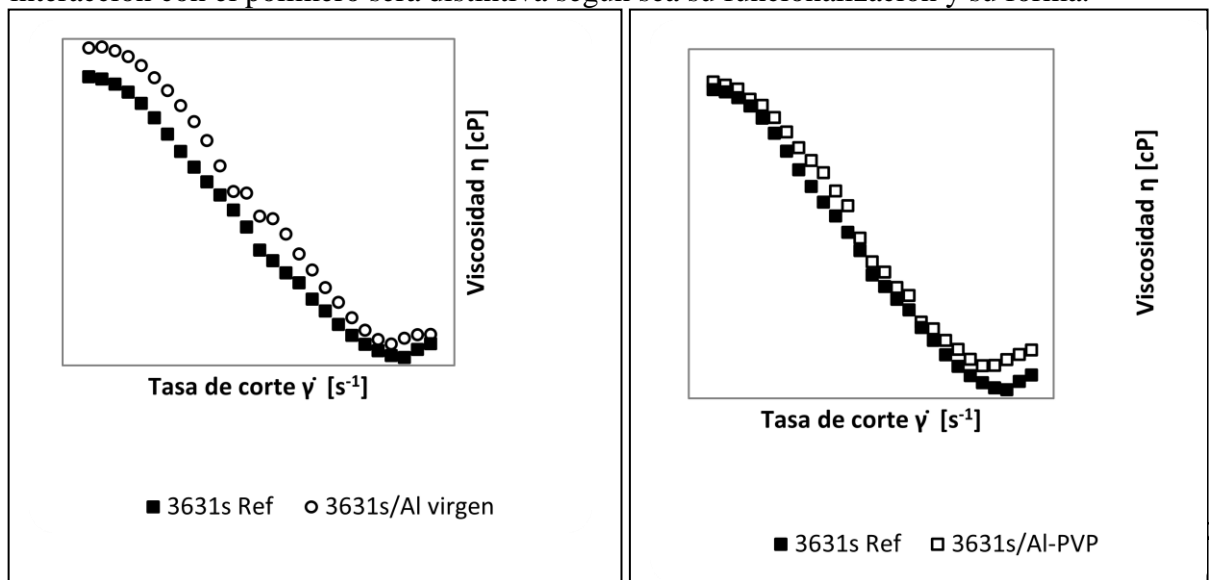
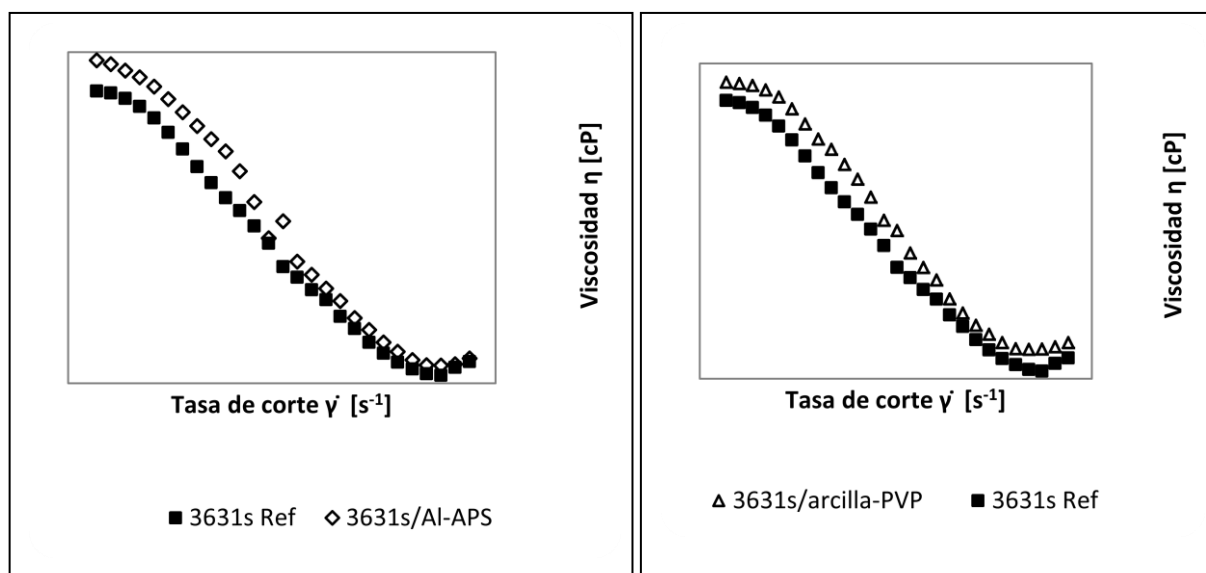


FIGURA 1: Modelo de Carreau

#### 4. Resultados

La Figura 2 muestra los resultados experimentales de la viscosidad de los sistemas ante una variación de la tasa de corte aplicada. La adición de cualquier nanopartícula, incrementa la viscosidad en todo el rango de tasas de corte estudiado. Estos resultados se explican porque su presencia constituye obstáculos al libre desplazamiento entre cadenas poliméricas frente a un esfuerzo de corte y por su interacción con los grupos funcionales de las cadenas de poliacrilamidas. Como resultado, aumenta la resistencia a fluir ante una tasa de corte aplicada. Sin embargo, el aumento de viscosidad depende de la nanopartícula, debido a que la interacción con el polímero será distintiva según sea su funcionalización y su forma.





**FIGURA 2:** Comportamiento reológico de los distintos nanofluidos vs el polímero referente

El comportamiento reológico de las diferentes muestras de nanofluidos fue modelado con el modelo de Carreau. Los 4 parámetros obtenidos en la regresión son presentados en la Tabla 3.

**TABLA 3:** Parámetros del modelo de Carreau para los diferentes nanofluidos

parámetro	3631s Ref	Arcilla-PVP	Al virgen	Al-PVP	Al-APS
$\eta_0$	7715 cP	10110 cP	14661 cP	8703,2 cP	12663 cP
$\eta_\infty$	10,25 cP	14,42 cP	7,89 cP	17,17 cP	11,82 cP
$\lambda$	14,473	8,785	13,945	7,5	10,884
$n-1$	-0,848	-1,075	-0,989	-1,108	-1,093
Relación de correlación $R^2$	0,998	0,997	0,999	0,981	0,992
Desviación estándar $s(n-1)$	151,7 cP	180,7 cP	145,7 cP	268,5 cP	423,8 cP

A partir de la Tabla 3 puede notarse que los datos experimentales del comportamiento reológico de los distintos nanofluidos presentan una relación de correlación ( $R^2$ ) entre 0,981 y 0,997 para el modelo de Carreau, indicando que su selección es adecuada para modelar su comportamiento reológico. Los parámetros obtenidos para el polímero referente se ven modificados con el agregado de nanopartículas, en mayor o menor proporción según la partícula agregada.

En ausencia de cizalla, la solución polimérica se encuentra en un estado de “equilibrio dinámico”, en el cual la movilidad de las cadenas del polímero, propiciada por la temperatura, produce simultáneamente la desaparición y formación de interacciones entre distintas cadenas, siendo el resultado neto nulo. La presencia de dichas interacciones y los enmarañamientos entre las cadenas poliméricas son los responsables de la viscosidad del fluido en ausencia de cizalla o a valores suficientemente bajos. La Tabla 3 muestra que la viscosidad aparente a tasa de corte nula  $\eta_0$  aumenta en todos los casos. Este parámetro tiene en cuenta la capacidad viscosificante en disolución del polímero sobre la salmuera, la cual se ve intensificada con el agregado de todas las partículas. En particular, el agregado de nanopartículas de alúmina virgen produce el efecto más notorio sobre este parámetro.

Cuando comienza a actuar un esfuerzo de corte sobre el fluido se producen menores interacciones entre las cadenas poliméricas, pero la movilidad térmica es capaz de compensarlas creándolas por otra parte, dando lugar a cambios apenas observables en la viscosidad del fluido (comportamiento newtoniano).

Sin embargo, si se continúa aumentando el esfuerzo de corte, se puede alcanzar un momento a partir del cual se destruyen más interacciones de las que se crean, dando lugar a una pérdida de la estructura presente. Por otra parte, comienza a producirse a su vez un desenmarañamiento y un alineamiento de las cadenas poliméricas, que produce una mayor separación entre ellas, siendo resultado neto de ambos efectos un descenso en la viscosidad del fluido (pseudoplasticidad). El momento a partir del cual finaliza el comportamiento newtoniano para dar comienzo al pseudoplástico viene dado por  $1/\lambda$ . De la Tabla 3 se puede observar que el parámetro  $\lambda$ , conocido como tiempo de relajación, disminuye en todos los casos con el agregado de las nanopartículas, lo que implica que la región de comportamiento newtoniano se extiende a mayores tasas de corte. La presencia de las nanopartículas entorpece el efecto de desenmarañamiento al ser obstáculos para el movimiento y alineación de las cadenas poliméricas, propiciando a su vez el mecanismo para la creación de nuevas interacciones, aumentando de este modo el rango de comportamiento newtoniano. Los valores de  $1/\lambda$  son expresados en la Tabla 4 para cada nanofluido, al igual que el porcentaje de aumento respecto del polímero referente.

**TABLA 4:** Desplazamiento del comportamiento Newtoniano para los distintos nanofluidos

	<b>3631s Ref</b>	<b>Arcilla-PVP</b>	<b>Al virgen</b>	<b>Al-PVP</b>	<b>Al-APS</b>
$1/\lambda$ [s]	0,069	0,114	0,072	0,133	0,092
% aumento	0%	65,21%	4,34%	92,75%	33,33%

A partir de la Tabla 4 se puede observar que el tiempo de relajación es más sensitivo en los nanofluidos con partículas modificadas superficialmente. A su vez, el efecto es más acentuado para aquellas partículas modificadas con PVP, cuyo grupo funcional expuesto es la amida cíclica mucho más afín por la poliacrilamida que el grupo amino expuesto en la superficie de las partículas modificadas con APS. Estos resultados indican que deben existir interacciones químicas entre el polímero y los grupos funcionales de las nanopartículas.

Por último, el parámetro “n-1”, el cual expresa la pendiente de la curva de  $\eta$  en función de  $\dot{\gamma}$  en la región de comportamiento pseudoplástico, es sensitivo a la presencia de nanopartículas. Su valor es un indicador de la velocidad de decaimiento de los valores de viscosidad a medida que se incrementa la tasa de corte, lo que se interpreta como la capacidad de desenmarañamiento de las cadenas poliméricas a medida que aumenta la tasa de deformación. El agregado de las nanopartículas produce un aumento en magnitud del parámetro “n-1”, es decir un incremento en la capacidad de fluir a medida que aumenta la tasa de corte, lo cual se contradice con los resultados obtenidos en los parámetros  $\eta_0$  y  $\lambda$ . Sin embargo puede explicarse este resultado no como un aumento en la capacidad de fluir, sino que a medida que incrementamos el esfuerzo de corte, el efecto que tiene el agregado de las partículas sobre la viscosidad del polímero va en decremento.

## 5. Conclusiones

Todas las nanopartículas modificaron la rigidez del polímero. El efecto más intenso sobre la viscosidad de polímero se observa con el agregado de nanopartículas de alúmina virgen. Por otro lado, el menor efecto sobre la viscosidad se aprecia para el agregado de nanopartículas de alúmina funcionalizadas con PVP (Al-PVP), mientras que el agregado de arcilla-PVP y alúmina-APS presenta efectos intermedios.

Según sea la forma, tamaño y funcionalización de la partícula, el efecto sobre las propiedades reológicas del fluido es muy diferenciado.

## Referencias

Castro, R. (2012). Tesis de grado “Estudio Reológico de Polímeros aplicados a técnicas de Recuperación Mejorada de Petróleo”. Universidad Nacional del Comahue-Carrera Ingeniería Química.

Miranda C. R., de Lara L. S. and Tonetto B. C., (2012). Stability and Mobility of Functionalized Silica Nanoparticles for Enhanced Oil Recovery Applications. SPE 157033, presented at the SPE International Oilfield Nanotechnology Conference held in Noordwijk, The Netherlands.

Mohsen Seid M.; Jamshid M., and Saeed N. (2014). An Experimental Investigation of Wettability Alteration in Carbonate Reservoir Using  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles. Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology, Vol. 3, No. 2:18-26.

Fernández L., Arranz G., Palacio L., Soria C., Sánchez M., Pérez G., Lozano A. E, Hernández A. y Prádanos P. (2008). Functionalization of  $\gamma$ -alumina cores by polyvinylpyrrolidone: properties of the resulting biocompatible nanoparticles in aqueous suspension. Journal of Nanoparticle Research, vol. 11, no. 2: pp. 341-354.

Ogolo N. A., Olafuyi O.A. and Onyekonwu M. O. (2012). Enhanced Oil Recovery using Nanoparticles. SPE 160847, presented at the SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition held in Al-Khobar, Saudi Arabia.

Tena A., Fernández L., Sánchez M., Palacio L., Lozano A. E., Hernández A. y Prádanos P. (2010). Mixed matrix membranes of 6FDA-6FpDA with surface functionalized  $\gamma$ -alumina particles. An analysis of the improvement of permselectivity for several gas pairs. *Chemical Engineering Science*, vol. 65, no. 6: pp. 2227-2235.

## 20TCQ - SÍNTESIS DE UN ADSORBENTE DE SURFACTANTES ANIÓNICOS EN ESCENARIOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA DE PETRÓLEO

FERNÁNDEZ, L.; GAMBOA, N.

Departamento de Química, Universidad Nacional del Comahue. Argentina.  
[fernandlg@yahoo.com](mailto:fernandlg@yahoo.com); [laura.fernandez@fain.uncoma.edu.ar](mailto:laura.fernandez@fain.uncoma.edu.ar)

### Resumen

En los yacimientos maduros, debe recurrirse a procesos de recuperación terciaria para incrementar la producción de petróleo y disminuir el corte de agua. Entre ellos, la inyección de productos químicos está siendo implementada en Argentina a escala piloto. Dependiendo del reservorio, el químico a inyectar puede ser un álcali, un surfactante, un polímero o combinación de ellos, estrategia conocida como CEOR. Cualquiera sea el producto, será recuperado en superficie en el agua de producción. No se ha enfocado el problema de su tratamiento y las plantas actuales no están preparadas para llevar a cabo las nuevas separaciones para alcanzar las especificaciones del agua de inyección. Este trabajo centra su interés en el desarrollo local de un material híbrido que permita la eliminación de surfactantes aniónicos a partir de salmuera. Una arcilla natural no expandible es modificada químicamente por silanización para impartirle propiedades interfaciales eléctricas distintivas y ensayada como adsorbente del surfactante Petrostep A6 utilizado en CEOR. El silano seleccionado permite anclar covalentemente a la superficie del material un grupo diamino, convirtiendo al material resultante en anfótero. Ensayos de adsorción y sedimentación indican la potencialidad del material modificado para llevar a cabo la separación buscada.

### 1. Introducción

La aplicación de técnicas de recuperación mejorada de petróleo (EOR) mediante la inyección de químicos (CEOR) está en pleno desarrollo en los yacimientos maduros de Argentina. Estos procesos, se basan en la inyección de productos cuya acción responde a diferentes principios (químicos o físicos) pero con el mismo propósito final, aumentar la eficiencia de barrido. Para que un fluido pueda movilizar petróleo en un yacimiento, las fuerzas viscosas del líquido desplazante deben superar a las fuerzas capilares que mantienen al petróleo en el reservorio. Con este propósito, se utilizan formulaciones de surfactantes (S) cuya función es disminuir la tensión interfacial entre el petróleo y el fluido desplazante y por ende la saturación de petróleo residual.

La selección del surfactante a utilizar depende de las condiciones de reservorio (temperatura, salinidad del agua de producción) y de las características del petróleo, (Levitt, 2006). Para reservorios a alta temperatura los surfactantes aniónicos son los apropiados, los cuales son inyectados en pozos de inyección. Luego de un cierto tiempo irrumpirán en el agua del pozo productor y deberán ser eliminados. Las plantas de tratamiento de agua actuales, PTA y PIAS, no contemplan la separación de este componente, por lo que se propone el desarrollo de una tecnología local. Con este propósito, se ha sintetizado un material híbrido y se lo ha ensayado como adsorbente de un surfactante aniónico. El material está constituido por una arcilla regional no expandible (caolín) funcionalizada con un componente silano, con el objeto de anclar en forma covalente un grupo diamino. El comportamiento eléctrico del caolín natural y el modificado fue analizado por mediciones de potencial Zeta ( $\xi$ ), resultando el material sintetizado de carácter anfotérico. La capacidad de adsorción fue analizada para soluciones del surfactante comercial Petrostep A6, utilizado en estrategias de CEOR.



## 2. Objetivo

Se plantea como objetivo desarrollar un adsorbente para la eliminación de surfactantes aniónicos a partir de aguas de producción.

## 3. Metodología

En este trabajo se empleó como material de partida una arcilla brindada gentilmente por Minera Lozano-Argentina proveniente de una cantera ubicada en la Provincia de Río Negro, área Mamil Choique-Argentina. Se trata de un caolín (HK) constituido por los minerales arcillosos halloysita (75 %) y caolinita (25 %), (Fernández et al., 2013).

La composición química del material natural fue determinada por análisis de fluorescencia de Rayos X (XRF) utilizando un espectrofotómetro EDX-800 HS Shimadzu, Tabla 1. La presencia de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2$  en 37,73 % y 48,08 % respectivamente, se corresponden con valores típicos de los caolines, mientras que la baja concentración de otros óxidos, indican una alta pureza del mineral.

**TABLA 1:** Composición química de HK

Determinación (g%) <sup>1</sup>	PPC <sup>2</sup>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
HK	11,770	48,078	37,730	1,366	0,594	0,176	0,160

Determinación (g%) <sup>1</sup>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ZnO	CuO	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO
HK	0,046	0,027	0,026	0,009	0,008	0,007	0,002

<sup>1</sup>Análisis cuali-cuantitativos realizados por espectrometría de fluorescencia de rayos X, con un espectrómetro dispersivo de energía Shimadzu, modelo EDX-800HS, empleando el método de parámetros fundamentales.

<sup>2</sup>Pérdida por calcinación efectuada en horno mufla a 900 °C durante una hora.

Para la reacción de silanización se siguió la ruta acuosa a escala piloto. El sistema de reacción consistió en un reactor de acero inoxidable de 25 L de capacidad sumergido en un baño de aceite y adaptado a un dispositivo de agitación. El calentamiento fue monitoreado con una termocupla.

La carga de arcilla (7,8 Kg) fue introducida en una solución del silano comercial Silquest 1120. La reacción procedió por un período de 5 horas a una temperatura constante próxima al punto de ebullición del líquido. Las suspensiones de las arcillas modificadas fueron lavadas por agitación durante un período de 12 horas con agua fresca, para remover las moléculas de silano adsorbidas que no reaccionaron. Luego de este período la suspensión se mantuvo sin agitación hasta observarse la sedimentación de las partículas y se procedió a su secado en superficie extendida. El producto obtenido es un híbrido, constituido por la arcilla inorgánica y anclado en forma covalente en su superficie el componente orgánico (Fernández et al., 2013), siendo denotado como S-HK.

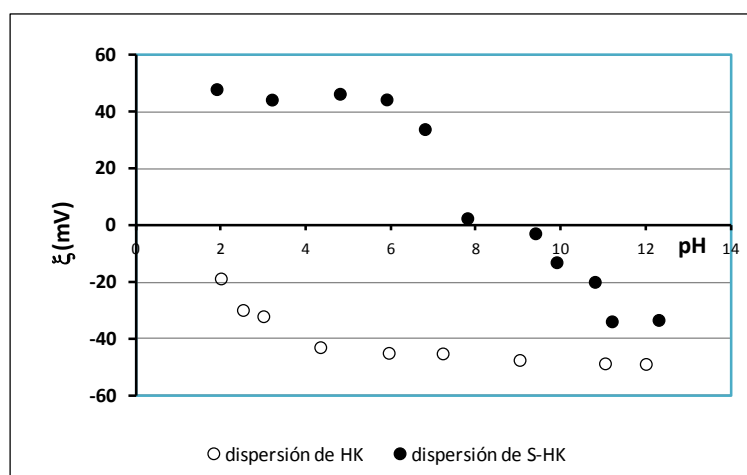
El comportamiento eléctrico del material natural y el híbrido fueron estudiados por mediciones de potencial Zeta ( $\xi$ ), con un equipo NanoZetaSizer de Malvern en un rango de pH entre 2 y 12.

Se preparó una salmuera sintética para simular el agua de producción típica de la Cuenca del Golfo de nuestro país, constituida por  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  resultando una salinidad de 2500 (mg/L NaCl). El surfactante Petrostep A6 fue brindado gentilmente por Tiorco-USA. Sus soluciones fueron ajustadas a pH 5,6 en concentraciones entre 50 y 200 mg/L. Las concentraciones del surfactante fueron monitoreadas con un espectrofotómetro UV-Vis Nanocolor-Machery-Nagel a una longitud de onda de 228 nm.

Con el objeto de determinar la isoterma de adsorción, se realizaron contactos (24 horas) en el rango de concentración inicial entre 50 y 200 mg/L, adoptando un dosaje de S-KH de 1 g/L bajo agitación continua en un equipo Multistirrer-Velp Cientifica a temperatura ambiente. Estudios de sedimentación fueron llevados a cabo luego del proceso de adsorción a través ensayos de turbidimetría, utilizando un espectrofotómetro UV-Vis Nanocolor-Machery-Nagel, el cual dispone de esta operación.

#### 4. Resultados

La Figura 1 muestra los resultados experimentales de potencial Zeta ( $\xi$ ) para la arcilla natural y la modificada. Puede notarse el importante cambio en las propiedades eléctricas que produce el anclaje superficial de un grupo diamino. La HK presenta potencial negativo en todo el rango de pH explorado en este trabajo, mientras que S-HK presenta un comportamiento anfótero. A bajos valores de pH el grupo diamino está protonado, resultando en un potencial positivo. A mayores valores de pH la partícula funcionalizada adquiere potencial negativo, de menor valor que la arcilla natural. Este comportamiento se debe a que el recubrimiento superficial con el grupo diamino no es completo, y a valores altos de pH la arcilla modificada se comporta como la natural aunque con menos grupos hidroxilos expuestos, ya que una cierta fracción de ellos fue apantallada por el silano. La muestra S-HK presenta un punto isoeléctrico en  $\text{pH} \approx 8,55$ .

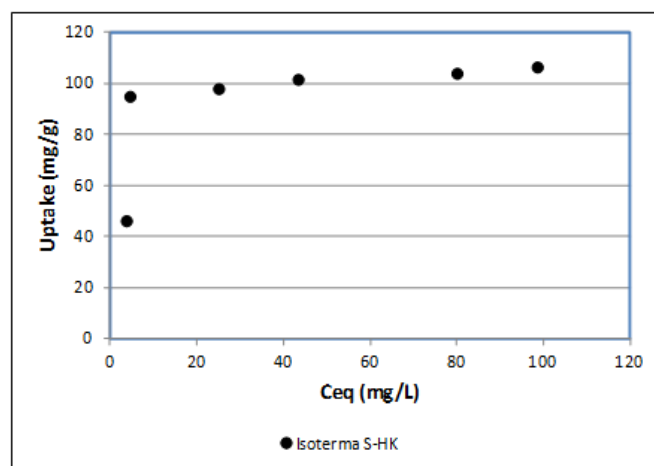


**FIGURA 1:** Potencial Z ( $\xi$ ) vs pH de la arcilla natural (HK) y la funcionalizada (S-HK)

Conociendo el comportamiento eléctrico del material híbrido, la eliminación de surfactantes aniónicos puede producirse por interacción electrostática surfactante-adsorbente a pH por debajo del punto isoeléctrico. Las muestras fueron ajustadas a pH 5,6 en los ensayos de adsorción.

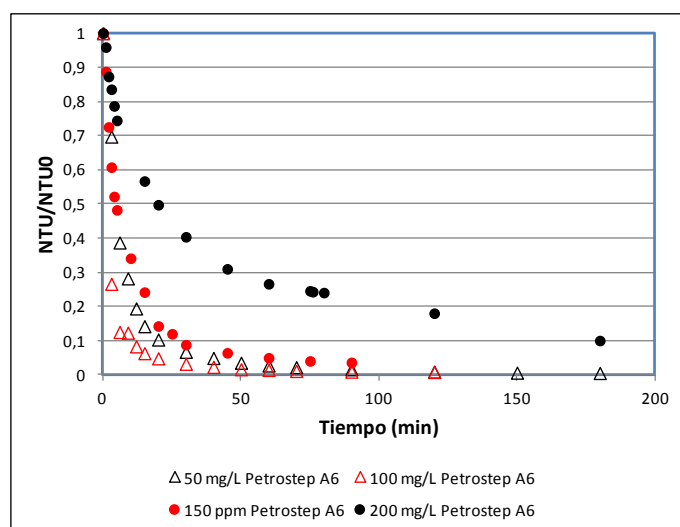
La Figura 2 presenta la isoterma experimental para la muestra S-HK, donde el Uptake (mg de Petrostep A6 adsorbido/g de arcilla) se grafica frente a la concentración de equilibrio ( $C_{eq}$ , mg/L) medida en el sobrenadante por espectroscopía ( $\lambda = 228 \text{ nm}$ ).

Puede notarse que existe interacción electrostática y que el máximo Uptake alcanzado es de 106 mg/g. Sin embargo, el sustrato alcanza una saturación de sus centros protonados a una concentración inicial cercana a los 100 mg/L. Estos resultados indican que para mayores concentraciones iniciales, debe aumentarse el dosaje del adsorbente para disminuir la concentración final.



**FIGURA 2:** Isoterma para la retención de Petrostep A6 para la arcilla funcionalizada (S-HK), Uptake (mg/g) vs Ceq (mg/L)

Con el objeto de diseñar el proceso de separación, luego del contacto se analizó la sedimentación del adsorbente. La Figura 3 presenta los resultados del valor de turbidez para distintos tiempos con referencia al inicial. Dado que la dispersión se realiza en salmuera, la velocidad de sedimentación es elevada, indicando que no es necesario utilizar centrifugación para obtener la salmuera final purificada de surfactante y separada del sólido. La velocidad de sedimentación del adsorbente es función de la concentración de surfactante. Para concentraciones menores a 150 mg/L, el adsorbente precipita al cabo de tres horas, mientras que para 200 mg/L luego de 24 h el sólido mantiene un valor de NTU de 48, indicando que permanecen algunos sólidos en dispersión. Sin embargo, las plantas PTA y PIAS presentan filtros de arena y equipos de flotación para eliminar sólidos, lo que garantizaría alcanzar la especificación de sólidos totales en el agua de inyección.



**FIGURA 3:** Sedimentación de las dispersiones del sustrato para diferentes concentraciones iniciales de Petrostep A6.

## 5. Conclusiones

El proceso de modificación química implementado a escala piloto parece efectivo para la obtención de un caolín funcionalizado con un grupo diamino, partiendo de una muestra

natural sin ningún tipo de pretratamiento. Los resultados de Potencial Z permiten identificar que luego del anclaje del componente silano, presenta comportamiento anfótero.

Las nuevas propiedades interfaciales debido a la presencia del grupo diamino permite la retención de surfactantes aniónicos a partir de salmuera, por atracción electrostática. No es necesario contemplar una etapa de centrifugación para la separación del sólido luego de la adsorción, etapa que incrementa en forma pronunciada los costos del proceso.

Estos hechos multiplican las posibilidades de aplicación de la arcilla modificada.

## **Referencias**

Levitt D., (2006), Experimental Evaluation of High Performance EOR Surfactants for a Dolomite Oil Reservoir, Thesis of Master of Science in Engineering, The University of Texas at Austin.

Fernández L. G. , Cravero F, Sánchez M.. De la Cruz C., Gatti M. (2013), Síntesis y caracterización de una halloysita modificada con viniltrimetoxisilano, 13<sup>er</sup> Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales, Puerto Iguazú, Argentina.

Fernández L.; Sánchez M., De la Cruz Vivanco C., Zajonskovsky I., Parolo M., Baschini M., Cravero F., (2010), Funcionalización de una esmectita con un grupo amino. Aplicaciones en la protección de la salud y el medioambiente. VI CAIQ 2010 Mar del Plata, Argentina.

# 21TCQ - MODELADO DEL POLIMORFISMO DE SÓLIDOS EN AMPLIOS RANGOS DE PRESIÓN

**GUAPACHA, J. A.; RODRIGUEZ-REARTES, S. B.; ZABALOY, M. S.**

**Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET). Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur. Argentina.**

[mzabaloy@plapiqui.edu.ar](mailto:mzabaloy@plapiqui.edu.ar)

## **Resumen**

En el presente trabajo preliminar se propone una metodología para representar el polimorfismo de los compuestos puros. La misma consiste en combinar una ecuación para la descripción de las propiedades de mezclas y compuestos puros en estado fluido, como la ecuación de estado de Peng-Robinson (P-R EOS), con una ecuación que modela la fugacidad de compuestos sólidos puros. El rango de presión considerado es muy amplio. Este estudio es de interés en relación con la precipitación indeseada de ceras, en la extracción, procesamiento y transporte del gas y el petróleo. Se contempla estudiar en el futuro inmediato el comportamiento de fases de sistemas binarios que presentan polimorfismo.

## **1. Introducción**

Las mezclas multicomponente asimétricas, es decir, mezclas formadas por compuestos con importantes diferencias en su naturaleza química y/o en su masa molecular, presentan comportamientos de fases complejos y variados. Por ejemplo, se puede presentar formación de fases sólidas en sistemas binarios interrumpiendo líneas de equilibrio líquido-líquido-vapor (LLV) o líneas críticas [presencia de puntos cuádruples y de puntos críticos terminales, respectivamente (Rodríguez-Reartes et al., 2009; Yamamoto et al., 1989)]. Las mezclas asimétricas de n-parafinas de cadena larga y componentes volátiles de bajo peso molecular son de particular interés en la industria del gas y el petróleo, en relación con la precipitación de parafinas, lo cual produce problemas en la extracción, transporte y procesamiento de derivados del petróleo (Mansoori, 1997; Vazquez y Mansoori, 2000; Cézac, 2009).

Rodríguez-Reartes et al. (2009 y 2011) abordaron el estudio en mezclas binarias asimétricas donde únicamente el componente pesado precipita, obteniéndose una fase sólida pura en equilibrio con una o varias fases fluidas. Sin embargo, en un caso más general, es posible que la fase sólida presente transiciones sólido-sólido (polimorfismo), o inclusive, que precipiten ambos compuestos (liviano y pesado) desde una fase fluida binaria. Uno de los ejemplos más conocidos de sustancias polimórficas corresponde al agua, que presenta diferentes transiciones sólido-sólido a elevadas presiones, que en la mayoría de los casos corresponden a transiciones de primer orden. Estas se caracterizan por discontinuidades en el volumen molar, entalpía y entropía asociadas a cambios en el empaquetamiento de los cristales (Cheng, 2008). De igual manera, algunos alcanos pesados también presentan transiciones sólido-sólido: alcanos con número de carbono impar ( $C_9$  a  $C_{43}$ ), y alcanos con número de carbono par ( $C_{20}$  a  $C_{44}$ ). La diferencia entre las temperaturas de transición sólido-sólido y sólido-líquido disminuye con el aumento de la presión hasta que se alcanza un punto triple sólido-sólido-líquido (SSL) (Machado et al., 2008).

## **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo es encontrar un mecanismo para reproducir, con la ayuda de un modelo, el efecto de la presencia de diferentes formas sólidas, es decir, del polimorfismo,

sobre el diagrama de fases de una sustancia pura. Con tal propósito se combina aquí una ecuación estándar para el estado fluido (P-R EOS), con el enfoque desarrollado por Rodríguez-Reartes (2011) para describir la fugacidad de la fase sólida. Se propone además una estrategia adecuada para la estimación de los parámetros del modelo a partir de información experimental clave del equilibrio de fases del compuesto puro. Finalmente, se computa, como caso de estudio, el diagrama de fases del n-triacontano puro, verificando, a través del cálculo de fugacidades, la estabilidad termodinámica de las líneas bifásicas que lo componen. Este trabajo es el punto de partida para el modelado de diagramas de fases de mezclas binarias, el cual se abordará en trabajos futuros.

### 3. Metodología y Modelo Termodinámico

El cómputo confiable de un mapa característico de comportamiento de fases requiere un adecuado cálculo de las propiedades de las fases que pueden presentarse, en particular de las fugacidades de las fases sólidas de un material polimorfo, como es el caso del n-triacontano. Para estimar la fugacidad de la fase sólida se utiliza, en este trabajo, el modelo descrito por Rodríguez-Reartes et al. (2011), el cual está definido por las siguientes ecuaciones, y donde la fugacidad de fases fluidas es calculada con la ecuación de estado de Peng-Robinson (P-R EOS, 1976):

$$f^s(T, P) = f^l(T, P) e^U \quad (1)$$

donde

$$U = \frac{\Delta v^{SL}}{RT_{ref}} \left[ C1 \left( 1 - \frac{T_{ref}}{T} \right) + C2 \left( \frac{T_{ref}}{T} - 1 + \ln \left( \frac{T}{T_{ref}} \right) \right) + C3 \left( \frac{T}{2T_{ref}} - 1 + \frac{T_{ref}}{2T} \right) + \frac{T_{ref}}{T} (P - P_{ref}) \right] \quad (2)$$

y además,

$$C1 = \frac{\Delta H_{fus}}{\Delta v^{SL}} \quad C2 = \frac{AT_{ref}}{\Delta v^{SL}} \quad C3 = \frac{BT_{ref}^2}{\Delta v^{SL}} \quad (3)$$

En la Tabla 1 se definen las variables que aparecen en las ecuaciones (1) a (3). Las constantes  $\Delta H_{fus}$ ,  $\Delta v^{SL}$ , A y B son características del compuesto puro y tienen valores diferentes dependiendo de la forma sólida considerada, es decir de la configuración de la misma. En el presente trabajo se impuso  $C3=0$ . Para el n-triacontano se ha verificado experimentalmente la existencia de dos formas sólidas en un amplio rango de presiones utilizando análisis térmico a alta presión (Machado et al. 2008). En el rango de presión de existencia de dos fases sólidas, el sólido  $\beta$  ( $S_\beta$ ) se presenta a baja temperatura, y el sólido  $\alpha$  ( $S_\alpha$ ) a mayor temperatura. Los mismos coexisten en la línea de transición sólido-sólido. La zona de existencia de la fase sólida  $\alpha$  está limitada, entre otras, por la curva de fusión sólido  $\alpha$ -líquido (ver Figura 1).

La estimación de las constantes  $\Delta H_{fus}$ ,  $\Delta v^{SL}$ , A y B para cada una de las fases sólidas  $S_\alpha$  y  $S_\beta$  se efectúa imponiendo la reproducción exacta las coordenadas de temperatura y presión experimentales de los siguientes punto clave:

**TABLA 1.** Nomenclatura [Ver ecuaciones (1) a (3)]

$A, B$	Constantes que definen el cambio de la capacidad calorífica del compuesto puro en un proceso de fusión
$C1, C2, C3$	Constantes que caracterizan la curva de fusión del componente puro
$f^d$	Fugacidad del compuesto puro en estado fluido
$f^s$	Fugacidad del compuesto puro en estado sólido
$P$	Presión absoluta
$P_{ref}$	Presión de referencia
$R$	Constante universal de los gases
$T$	Temperatura absoluta
$T_{ref}$	Temperatura de referencia
$\Delta H_{fus}$	Entalpía de fusión
$\Delta v^{SL}$	Cambio en el volumen molar del componente puro en un proceso de fusión

- un punto de la curva de fusión  $S_{\beta}L$  ( $T_{S_{\beta}L}$ ,  $P_{S_{\beta}L}$ ),
- el punto triple  $S_{\alpha}S_{\beta}L$  ( $T_{ref}$ ,  $P_{ref}$ ) (Machado et al., 2008),
- el punto triple estándar  $S_{\alpha}LV$  ( $T_{SLV}$ ,  $P_{SLV}$ ), donde, por consistencia,  $P_{SLV}$  no es un dato experimental sino la presión de equilibrio líquido-vapor obtenida con la ecuación del estado fluido adoptada en este trabajo, evaluada, tal presión, a la temperatura (experimental)  $T_{SLV}$  (Rodríguez-Reartes, 2010). La mencionada ecuación de estado es la de Peng-Robinson (PR-EOS, Peng y Robinson (1976)).
- el punto triple  $S_{\alpha}S_{\beta}V$  ( $T_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$ ,  $P_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$ ). El mismo es uno de los puntos terminales de la línea de transición  $S_{\alpha}S_{\beta}$ . Para obtener  $T_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$  y  $P_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$  primeramente se realizó una regresión lineal de datos experimentales de equilibrio  $S_{\alpha}S_{\beta}$  del n-triacontano (Machado et al., 2008). Luego se obtuvo a una presión  $P_{S_{\alpha}S_{\beta}V} = 1 \times 10^{-10}$  bar el valor de temperatura ( $T_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$ ) dado por la mencionada función lineal. El valor  $P_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$  fue fijado con cierta arbitrariedad, pero asegurando que fuera menor que  $P_{SLV}$ . Esta decisión se debe a la inexistencia de información experimental para  $P_{S_{\alpha}S_{\beta}V}$ . Tal vez sea imposible medir, hoy día, en forma confiable, tal presión extremadamente baja.

Nótese que la cantidad de información experimental utilizada para la estimación de las constantes del modelo de fase sólida es mínima. La Tabla 2 presenta los valores de las coordenadas clave utilizadas en la determinación de los parámetros  $\Delta H_{fus}$ ,  $\Delta v^{SL}$ , A y B para cada una de las fases sólidas  $S_{\alpha}$  y  $S_{\beta}$  del n-triacontano.

**TABLA 2.** Coordenadas presión-temperatura experimentales de puntos clave de equilibrio de fases del n-triacontano

Tipo de equilibrio	Símbolo en Fig. 1	Temperatura [K]	Presión [bar]	Referencia
$S_{\alpha}S_{\beta}V$	■	$T_{S_{\alpha}S_{\beta}V} = 336.37$	$P_{S_{\alpha}S_{\beta}V} = 1.00 \times 10^{-10}$	Machado et al., 2008
$S_{\alpha}LV$	◆	$T_{SLV} = 338.65$	$P_{SLV} = 2.33 \times 10^{-9}$	Rodríguez-Reartes 2010
$S_{\alpha}S_{\beta}L$	▲	$T_{ref} = 361.27$	$P_{ref} = 941.1$	Machado et al., 2008
$S_{\beta}L$	○	$T_{S_{\beta}L} = 372.97$	$P_{S_{\beta}L} = 1500$	Machado et al., 2008

La información experimental de la Tabla 2 se introduce como un set de parámetros en un sistema de ecuaciones lineales que surge de imponer las condiciones de equilibrio de fases para cada punto clave considerado:

- En el caso del punto  $S_{\beta}L$  ( $T_{S_{\beta}L}$ ,  $P_{S_{\beta}L}$ ) se impone la condición de isofugacidad entre el sólido  $S_{\beta}$  y el líquido (L) [2<sup>da</sup> ecuación del sistema de ecuaciones (4)].

- En el punto triple  $S_\alpha S_\beta L$  las condiciones de equilibrio se satisfacen automáticamente por el hecho de que sus coordenadas de temperatura y presión ( $T_{ref}$ ,  $P_{ref}$ ) son las de referencia para las fugacidades tanto de  $S_\alpha$  como de  $S_\beta$ .
- En el punto triple estándar  $S_\alpha LV$  ( $T_{SLV}$ ,  $P_{SLV}$ ) se plantea la condición de isofugacidad entre el sólido  $\alpha$  y el líquido [1<sup>ra</sup> ec. del sist. (4)], y
- en el punto triple  $S_\alpha S_\beta V$  se plantea la isofugacidad entre ambos sólidos [3<sup>ra</sup> ec. del sist. (4)], y entre el sólido  $\alpha$  y el vapor [4<sup>ta</sup> ec. del sist. (4)]. En esta última ecuación aparecen las fugacidades del compuesto puro tanto como líquido y como vapor a  $T_{S_\alpha S_\beta V}$  y  $P_{S_\alpha S_\beta V}$ . Las mismas se computan utilizando el modelo PR-EOS.

Hasta aquí se tienen 4 ecuaciones y 6 incógnitas. Estas últimas son: las entalpías de fusión ( $\Delta H_{fus}^{S_\alpha}$  y  $\Delta H_{fus}^{S_\beta}$ ), los cambios de volumen molar de fusión ( $\Delta v^{S_\alpha L}$  y  $\Delta v^{S_\beta L}$ ), y las constantes que caracterizan los cambios de capacidad calorífica de fusión ( $A^{S_\alpha L}$  y  $A^{S_\beta L}$ ). La siguiente ecuación [6<sup>ta</sup> ec. del sist. (4)] establece el valor de la diferencia entre los volúmenes molares de la dos formas sólidas  $S_\alpha$  y  $S_\beta$ . La misma se fijó en  $v^{S_\alpha} - v^{S_\beta} = 0.0602$  l/mol, en base a los datos experimentales reportados en la literatura (Seyer et al., 1944) para la densidad de másica de los sólidos  $\alpha$  y  $\beta$ , cuyos valores son 0.782 y 0.880 g/ml respectivamente. Finalmente, la 5<sup>a</sup> ecuación del sistema (4) impone la igualdad de las constantes  $A$  de ambos sólidos.

Originalmente el sistema de ecuaciones era de 4x4, y estaba constituido por las primeras cuatro ecuaciones del sistema (4), habiéndose impuesto el valor “cero” para las dos constantes “ $A$ ”. Sin embargo, la solución de sistema original no satisfacía las restricciones apropiadas de estabilidad termodinámica.

El sistema de ecuaciones resultante es el siguiente:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{SLV}} & \frac{T_{ref}}{T_{SLV}} - 1 + \ln\left(\frac{T_{SLV}}{T_{ref}}\right) & \frac{P_{SLV} - P_{ref}}{T_{SLV}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{S_\beta L}} & \frac{T_{ref}}{T_{S_\beta L}} - 1 + \ln\left(\frac{T_{S_\beta L}}{T_{ref}}\right) & \frac{P_{S_\beta L} - P_{ref}}{T_{S_\beta L}} \\ \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{S_\alpha S_\beta V}} & \frac{T_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} - 1 + \ln\left(\frac{T_{S_\alpha S_\beta V}}{T_{ref}}\right) & \frac{P_{S_\alpha S_\beta V} - P_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} & -\left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{S_\alpha S_\beta V}}\right) & -\left(\frac{T_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} - 1 + \ln\left(\frac{T_{S_\alpha S_\beta V}}{T_{ref}}\right)\right) & \frac{P_{S_\alpha S_\beta V} - P_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} \\ \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{S_\alpha S_\beta V}} & \frac{T_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} - 1 + \ln\left(\frac{T_{S_\alpha S_\beta V}}{T_{ref}}\right) & \frac{P_{S_\alpha S_\beta V} - P_{ref}}{T_{S_\alpha S_\beta V}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U^{S_\alpha L} \\ Y^{S_\alpha L} \\ W^{S_\alpha L} \\ U^{S_\beta L} \\ Y^{S_\beta L} \\ W^{S_\beta L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \ln f^i(T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V}) - \ln f^l(T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V}) \\ 0 \\ \frac{(\rho_{S_\alpha})^{-1} - (\rho_{S_\beta})^{-1}}{R} \end{bmatrix} \quad (4)$$

donde:

$$U^{S_\alpha L} = \frac{\Delta H_{fus}^{S_\alpha L}}{R} \quad Y^{S_\alpha L} = \frac{A^{S_\alpha L}}{R} \quad W^{S_\alpha L} = \frac{\Delta v^{S_\alpha L}}{R} \quad (5)$$

$$U^{S_\beta L} = \frac{\Delta H_{fus}^{S_\beta L}}{R} \quad Y^{S_\beta L} = \frac{A^{S_\beta L}}{R} \quad W^{S_\beta L} = \frac{\Delta v^{S_\beta L}}{R} \quad (6)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (4) se pueden estimar valores adecuados para  $\Delta H_{fus}$ ,  $\Delta v^{SL}$  y “ $A$ ” para cada una de las formas sólidas. Los mismos se reportan en la Tabla 3. Luego, a partir de los parámetros de la Tabla 3, y mediante métodos de continuación numérica

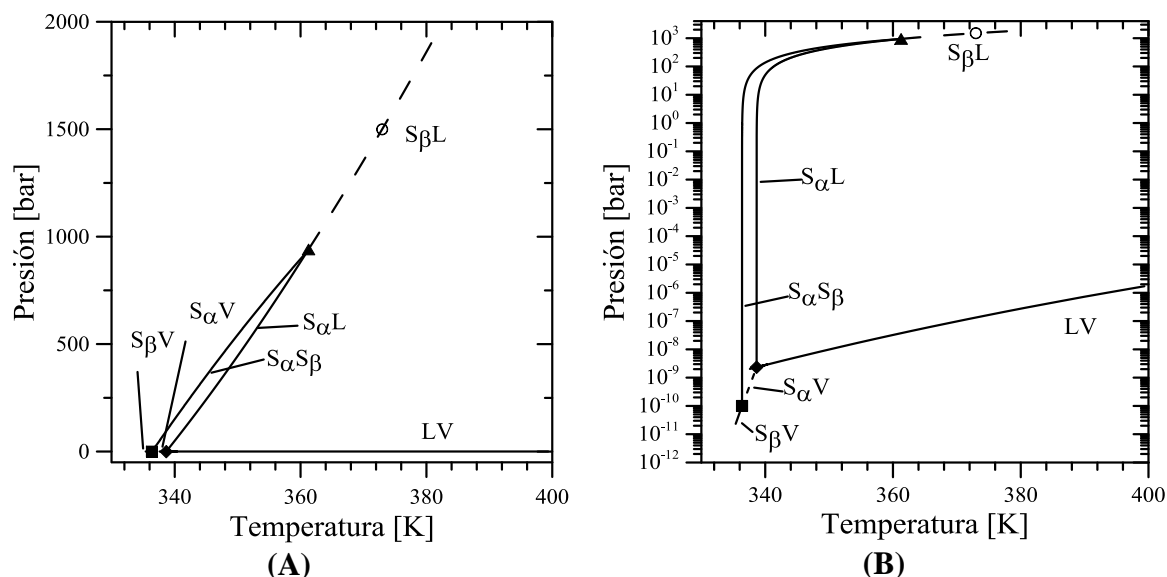


(Michelsen 1980, Rodriguez-Reartes et al. 2011), es posible computar el diagrama de fases del n-triacontano puro, donde se observa la presencia de dos formas sólidas, tal como se muestra en la siguiente sección.

**TABLA 3.** Propiedades de las formas sólidas estimadas a partir de la solución del sistema de ecuaciones (4).

Sólido	$\Delta H_{fus}$ (KJ/mol)	$\Delta v^{SL}$ (l/mol)	A (bar*l/mol*K)
$S_\alpha$	1616,52	-0,9639	145,19
$S_\beta$	1688,13	-1,0241	136,87

#### 4. Resultados



**FIGURA 1.** Diagrama computado de fases para el n-triacontano puro donde es posible observar la presencia de polimorfismo. Datos experimentales (Tabla 2): punto de curva de fusión  $S_\beta L$  (o), punto triple  $S_\alpha S_\beta L$  ( $\blacktriangle$ ), punto triple  $S_\alpha LV$  ( $\blacklozenge$ ) y punto triple  $S_\alpha S_\beta V$  ( $\blacksquare$ )

En la Figura 1 se observa la proyección presión-temperatura del diagrama computado de fases del n-triacontano. La figura de la izquierda (Figura 1 (A)) se muestra en escala lineal, y la de la derecha en escala logarítmica en el eje de la presión (Figura 1(B)), con el propósito de observar claramente la zona de baja presión, donde se aprecia la presencia de los equilibrios  $S_\alpha V$  y  $S_\beta V$ . A presiones por encima de 941 bar la línea a trazos rotulada como  $S_\beta L$  es la de fusión de  $S_\beta$ ; en ella se indica el punto experimental de coordenadas  $(T_{S_\beta L}, P_{S_\beta L})$  (O). A esta línea pertenece el punto triple experimental que fue utilizado como referencia  $(T_{ref}, P_{ref})$  ( $\blacktriangle$ ) donde coexisten la fase líquida y las fases sólidas  $S_\alpha$  y  $S_\beta$ . A presiones inferiores a la de este punto ( $P = 941.1$  bar) se observan dos líneas:

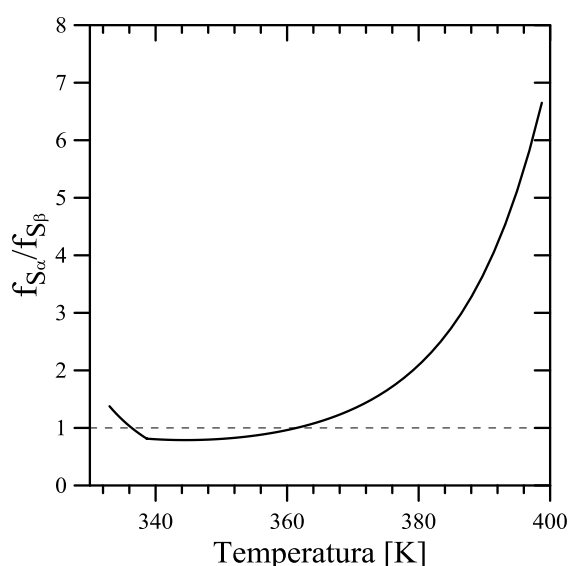
[a] la línea de transición  $S_\alpha S_\beta$  donde coexisten en equilibrio ambas formas sólidas del n-triacontano, y que, a bajas presiones, se encuentra con un nuevo punto triple  $(T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V})$  ( $\blacksquare$ ) por la coexistencia de la fase de vapor con ambas fases sólidas (ver Fig. 1 (B)).

[b] la línea de fusión  $S_\alpha L$  que se encuentra con el punto triple estándar  $(T_{SLV}, P_{SLV})$  ( $\blacklozenge$ ).

Ambas líneas limitan la región donde el sólido  $S_\alpha$  es estable. Las líneas de sublimación se observan en la región de baja presión, por debajo de  $2.33211 \times 10^{-9}$  bar. La línea de sublimación  $S_\alpha V$  está limitada por los puntos triples ( $\blacklozenge$ )  $(T_{SLV}, P_{SLV})$  y  $(T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V})$  ( $\blacksquare$ ), donde se encuentran en equilibrio el vapor y la fase  $S_\alpha$  del n-triacontano. Finalmente, a presiones por debajo de la del punto triple  $(T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V})$  ( $\blacksquare$ ) se extiende la línea de sublimación  $S_\beta V$ . Como se observa en la Figura 1, la proyección PT se corresponde con el comportamiento de fases característico de un material polimorfo, que presenta dos formas sólidas,  $S_\alpha$  y  $S_\beta$ . Asimismo, los diagramas de la Fig. 1 reproducen exactamente las coordenadas claves de la Tabla 2.

Referido el comportamiento de fases computado para el n-triacontano puro, es adecuado continuar con el análisis de estabilidad termodinámica, para verificar si los rangos de existencia de los sólidos  $S_\alpha$  y  $S_\beta$  en el universo del modelo se corresponden con las observaciones experimentales. En la Figura 2 se observa, para el modelo, la razón de las fugacidades de ambos sólidos ( $f_{S_\alpha}/f_{S_\beta}$ ) en función de la temperatura, en el rango 330 a 400 K, siguiendo secuencialmente las curvas  $S_\beta V$ ,  $S_\alpha V$ ,  $S_\alpha L$  y  $S_\beta L$ , en ese orden.

Se observa que la fugacidad de la fase  $S_\beta$  es menor que la de la fase  $S_\alpha$ ,  $f_{S_\alpha}/f_{S_\beta} > 1$ , en dos rangos de temperatura, esto es, a temperaturas por debajo de 336.37 K y a temperaturas mayores que 361.27 K. Por lo tanto, en esas condiciones, la fase sólida estable corresponde al sólido  $\beta$ . Por el contrario entre las temperaturas 336.37 y 361.27 K la fase sólida estable en equilibrio con una fase fluida es el sólido  $\alpha$ , ya que  $f_{S_\alpha}/f_{S_\beta} < 1$ . Este análisis es indicativo de la consistencia entre las observaciones experimentales y la combinación “modelo + valores de parámetros” de este trabajo.



**FIGURA 2.** Razón computada de las fugacidades de los sólidos  $S_\alpha$  y  $S_\beta$  en función de la temperatura, siguiendo las curvas (calculadas con el modelo)  $S_\beta V$ ,  $S_\alpha V$ ,  $S_\alpha L$ ,  $S_\alpha S_\beta$  y  $S_\beta L$ , en ese orden.

## 5. Conclusiones

El modelo termodinámico, para la fugacidad de un sólido, de Rodríguez-Reartes (2010), se puede extender al caso de múltiples formas sólidas de un material polimorfo puro, como fue mostrado en este trabajo.

Las valores de las constantes  $\Delta H_{fus}$ ,  $\Delta V^{SL}$  y “A” para las formas sólidas  $S_\alpha$  y  $S_\beta$ , se estiman a partir de la solución de un sencillo sistema de ecuaciones lineales.

Los parámetros de este sistema provienen de limitada información temperatura-presión experimental, esto es, de las coordenadas  $[T_{SLV}, P_{SLV}]$ ,  $[T_{S_\alpha S_\beta V}, P_{S_\alpha S_\beta V}]$  y  $[T_{ref}, P_{ref}]$  de tres puntos triples, y de un punto de la curva de fusión del sólido  $\beta$ .

El sistema de ecuaciones fue construido planteando las condiciones de isofugacidad para los cuatro puntos anteriores y especificando relaciones adicionales que involucren a las constantes  $\Delta V^{SL}$  y “A” de ambas formas sólidas. Finalmente se logró computar el comportamiento del equilibrio entre fases del n-triacontano en un amplio rango de presión. Tal comportamiento calculado coincide con el observado experimentalmente.

Notar que, a pesar de que en este trabajo preliminar se consideró sólo el caso del n-triacontano, la metodología es general, es decir, aplicable a cualquier compuesto puro. Los

resultados alcanzados para el n-triacontano motivan estudios futuros más complejos en los que se considerarán mezclas binarias asimétricas, como por ejemplo, el sistema metano + n-triacontano. Para las mismas se estudiará la influencia de la presencia de diferentes formas sólidas sobre el mapa característico del comportamiento de fases de sistemas binarios.

## 6. Bibliografía

Cheng S.Z.D.(2008) Phase Transitions in Polymers. The Role of Metastable States. 1<sup>era</sup> Edición. Elsevier; p.324.

Cézac P.; Serin J.P.; Mercadier J.; Mouton G. (2007) Modelling solubility of solid sulphur in natural gas. Chemical Engineering Journal;133:283–91.

D.Y. Peng, D.B. Robinson. (1976) A new two-constant equation of state, Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, 15: 59–64

Machado J.J.B; W. de Loos T.; Christian Ihmels E.; Fischer K.; Gmehling J. (2008) High pressure solid–solid and solid–liquid transition data for long chain alkanes. The Journal of Chemical Thermodynamics, 40: 1632–1637.

Michelsen L. (1980) Calculation of phase envelopes and critical multicomponent mixtures points for multicomponent mixture. Fluid Phase Equilibria;4:1–10.

Ali Mansoori G. (1997) Modeling of asphaltene and other heavy organic depositions. Journal of Petroleum Science and Engineering,17:101–111.

Rodriguez-Reartes, S.B.; Cismondi M.; Franceschi E.; Corazza M.L.; Oliveira J.V.; Zabaloy M.S. (2009). High-pressure phase equilibria of systems carbon dioxide+n-eicosane and propane+n-eicosane. Journal of Supercritical Fluids, 50:193–202.

Rodriguez-Reartes S.B. (2010) Equilibrio entre fases sólidas y fluidas en mezclas asimétricas. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

Rodriguez-Reartes S.B.; Cismondi M.; Zabaloy M.S.(2011). Computation of solid–fluid–fluid equilibria for binary asymmetric mixtures in wide ranges of conditions. Journal of Supercritical Fluids,57: 9–24.

Seyer W.F; Patterson R.; Keays J.L. (1944). The Density and Transition Points of the n-Paraffin Hydrocarbons. Journal of the American Chemical Society, 66: 179–82.

van Konynenburg, P.H.; Scott, R.L. (1980). Critical lines and phase equilibria in binary van der Waals mixtures. Philosophical Transactions of the Royal Society London Series A, 298: 495–540.

Vazquez D.; Mansoori G. (2000) Identification and measurement of petroleum precipitates. Journal of Petroleum Science and Engineering, 26:49–55.

Yamamoto, S.; Ohgaki, K.; Katayama, T. (1989) Phase Behavior of Binary Mixtures of Indole or in the Critical Region. Journal of Supercritical Fluids, 2 :63–72.

## 22TCQ - PREPARACIÓN DE CATALIZADORES ESTRUCTURADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETILENO A TRAVÉS DE LA DESHIDROGENACIÓN OXIDATIVA (DHO) DE ETANO

SANTANDER, J. A.; LÓPEZ, E.; BOLDRINI, D. E.; PEDERNERA, M. N.; TONETTO, G. M.

Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET).  
[jsantander@plapiqui.edu.ar](mailto:jsantander@plapiqui.edu.ar)

### Resumen

En el presente trabajo se llevó a cabo la preparación de catalizadores estructurados con sustrato de aluminio anodizado mediante el método de cubrimiento por inmersión. A tal efecto se prepararon suspensiones acuosas estables con 15 y 30% de catalizador, con el agregado de polivinil alcohol y sílice coloidal. El catalizador se depositó a través del método de cubrimiento por inmersión, mediante ciclos de inmersión-centrifugado-secado, con una etapa de calcinación final. Se obtuvieron cubrimientos homogéneos, cuya adherencia fue evaluada a través del método ultrasónico, y las propiedades texturales y la morfología fueron determinadas a través de isothermas de adsorción de  $N_2$  y microscopía electrónica de barrido, respectivamente. Se evaluó el desempeño catalítico de los monolitos recubiertos en la reacción de deshidrogenación oxidativa (DHO) de etano a distintas temperaturas, observándose una alta selectividad a etileno.

### 1. Introducción

Los catalizadores estructurados han sido desarrollados con el fin de evitar inconvenientes operativos que pueden presentar a menudo los reactores convencionales de lecho fijo, como son las distribuciones de flujo no uniforme y las altas caídas de presión en el lecho (Cybulski y Moulijn, 1998). Los catalizadores monolíticos son estructuras con canales angostos, paralelos y rectos o con trayectorias variables, con material catalítico depositado en las paredes de los canales. Los soportes comúnmente utilizados para elaborar monolitos son metales y materiales cerámicos. También se ha empleado aluminio para preparar monolitos metálicos, cuando las temperaturas de operación son moderadas. Este metal tiene muy buenas propiedades mecánicas y térmicas, y mediante un proceso de anodizado produce una película de alúmina en su superficie con propiedades texturales adecuadas para depositar catalizadores (Burgos et al., 2000).

Hay muchos métodos para depositar una capa de material catalítico en una superficie, los cuales dependen de las propiedades de la superficie y del catalizador. Con respecto a la deposición en monolitos, el método de cubrimiento basado en suspensiones es uno de los más utilizados (Meille, 2006). El cubrimiento a partir de la inmersión del sustrato en una suspensión de partículas (*dip-coating* o *washcoating*) permite depositar catalizadores que ya han sido preparados previamente.

Los monolitos recubiertos han sido empleados en numerosas aplicaciones, entre ellas las reacciones de oxidación selectiva. La conversión catalítica de etano bajo condiciones oxidantes está siendo intensamente estudiada como una alternativa prometedora a los procesos convencionales de producción de etileno. Menores temperaturas de reacción y la ausencia de las limitaciones de equilibrio termodinámico son algunas de las ventajas que ofrece la deshidrogenación oxidativa de etano (Cavani et al., 2007). De la amplia gama de catalizadores utilizados en DHO de etano, los óxidos mixtos de Ni-Nb son compuestos

altamente selectivos y presentan actividad a temperaturas por debajo de los 400 °C (Heracleous y Lemonidou, 2006a).

Si bien la deshidrogenación oxidativa de alcanos en sustratos estructurados está siendo investigada en la actualidad, el número de trabajos publicados en este campo es relativamente limitado. En este contexto se plantean los objetivos enunciados a continuación.

## 2. Objetivos

- Depositar cubrimientos catalíticos sobre sustratos de aluminio anodizado mediante el método de cubrimiento por inmersión.
- Analizar la morfología, las propiedades texturales y la adherencia de los cubrimientos catalíticos depositados a fin de identificar las condiciones de preparación que produzcan una película homogénea y bien adherida.
- Evaluar el desempeño catalítico de los monolitos en la reacción de DHO de etano para obtener etileno.

## 3. Metodología

Los óxidos mixtos de Ni-Nb fueron preparados mediante el método de evaporación; las sales precursoras de los metales fueron disueltas en un solvente de modo de obtener una relación Nb/Ni = 0.15/0.85 (reportada en la literatura como la relación óptima (Heracleous y Lemonidou, 2006)) y posteriormente el mismo fue evaporado gradualmente (a 70 °C durante 12 h) hasta llegar a sequedad. Finalmente el material fue calcinado (450 °C, 5 h) para obtener el catalizador.

El método empleado para depositar el catalizador sobre los sustratos fue el de cubrimiento por inmersión. Para recubrir los sustratos monolíticos se prepararon suspensiones acuosas con 15 y 30% de catalizador en peso. Para obtener suspensiones estables y mejorar las propiedades de secado se agregó polivinil alcohol (2-3%), y sílice coloidal (10%) (Ludox TMA, Aldrich). Los sustratos fueron sumergidos en la suspensión y al ser retirados el exceso de material fue eliminado por centrifugado (550 rpm durante 3 min). Luego se secaron en estufa a 80 °C durante 30 min. El procedimiento fue repetido hasta que se alcanzó la carga neta de catalizador deseada en el monolito (180-280 mg) y posteriormente fueron calcinados a 450°C durante 2 h en aire.

La adherencia del material catalítico fue evaluada mediante el método ultrasónico. Detalles del procedimiento pueden encontrarse en trabajos anteriores (Santander et al., 2014). La morfología superficial fue examinada por microscopía electrónica de barrido (SEM) en un microscopio Jeol JSM 35CF. Las propiedades texturales fueron determinadas mediante isotermas de adsorción de N<sub>2</sub> en un equipo Quantachrome Nova.

La reacción de DHO de etano fue llevada a cabo en el rango de temperaturas de 300 a 400 °C. La relación catalizador/flujo (W/F) empleada fue 0.54 g.s/cm<sup>3</sup>. Se utilizó un tubo de acero inoxidable de 16 mm de diámetro interior, dentro del cual fueron colocados los monolitos. Los productos fueron analizados por cromatografía gaseosa.

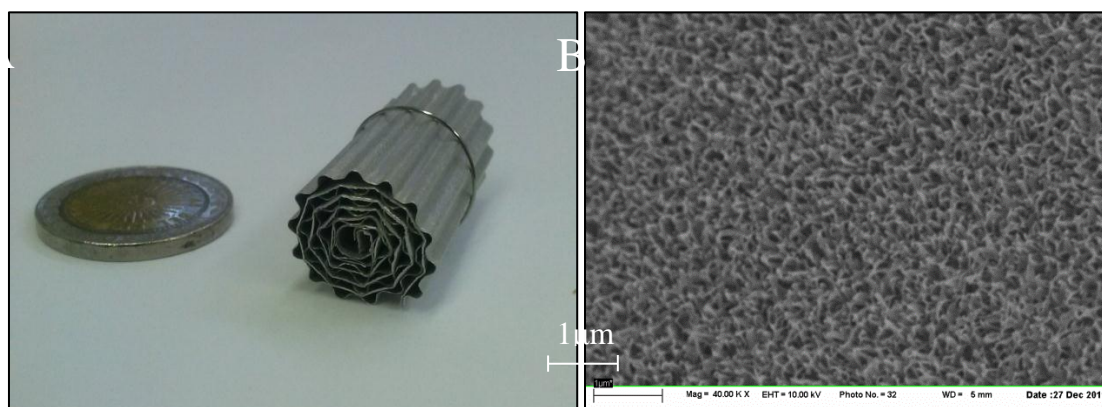
## 4. Resultados

### 4.1. Características del sustrato estructurado

El aluminio es un material que posee excelentes propiedades mecánicas y térmicas, y que puede ser empleado en la elaboración de sustratos estructurados para aplicaciones catalíticas de baja y moderada temperatura, dado que el punto de fusión del aluminio es 660 °C. Mediante un proceso electroquímico de anodizado, puede generarse una capa de alúmina en la

superficie del metal. Un posterior tratamiento hidrotérmico (Boldrini et al., 2012) permite generar rugosidad en la superficie, condición necesaria para depositar los cubrimientos catalíticos. La película de alúmina que se genera por anodizado es extremadamente adherente, estable y muy resistente térmica y mecánicamente.

Los catalizadores estructurados fueron elaborados utilizando monolitos de aluminio anodizado, cuya morfología superficial puede observarse en la Figura 1. Las propiedades geométricas y texturales de los sustratos empleados se detallan en la Tabla 1. Detalles de los procedimientos y materiales empleados en la elaboración de los monolitos pueden encontrarse en la literatura (Sánchez et al., 2011).



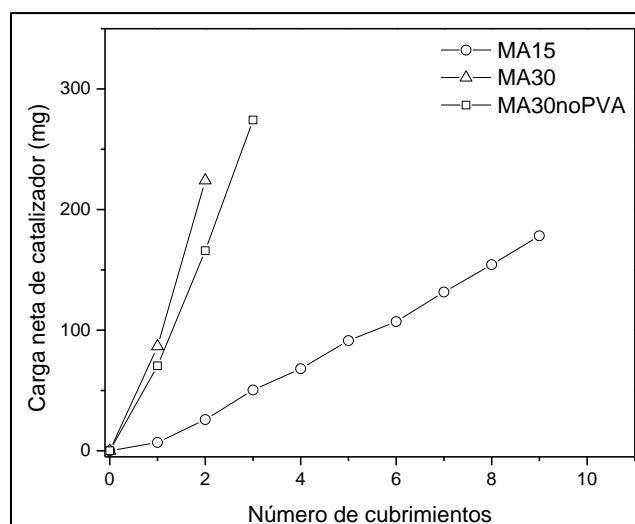
**FIGURA 1.** A) Fotografía de un monolito de aluminio anodizado, B) micrografía de la superficie del sustrato.

**TABLA 1.** Propiedades de los monolitos de aluminio.

Dimensiones	
Diámetro	15 mm
Longitud	15 mm
Espesor de pared	0.1 mm
Área geométrica	85 cm <sup>2</sup> /monolito
Densidad de celda	65 celdas/cm <sup>2</sup>
Propiedades texturales	
Área específica	40.68 m <sup>2</sup> /g
Volumen de poro	0.046 cm <sup>3</sup> /g
Radio medio de poro	18.7 Å

#### 4.2. Cubrimiento de los sustratos y propiedades de la capa depositada

El material catalítico presente en las suspensiones preparadas fue depositado sobre los monolitos gradualmente a través de ciclos de inmersión-centrifugado-secado hasta obtener una carga neta de catalizador entre 180-280 mg. Los monolitos de aluminio preparados con suspensiones al 15 y 30% de catalizador fueron denominados MA15 y MA30, respectivamente. La muestra con 30% de catalizador sin alcohol polivinílico se denominó MA30noPVA.



**FIGURA 2.** Aumento de la carga de catalizador de los sustratos monolíticos durante las etapas de cubrimiento.

En general, la carga depositada aumentó de manera constante durante las sucesivas inmersiones (Figura 2). La suspensión al 15% de catalizador presentó una menor viscosidad que el resto de las suspensiones debido a su menor concentración de catalizador, por lo que produjo una menor carga por inmersión en la muestra MA15. En consecuencia, fueron necesarias 9 inmersiones para adquirir la carga deseada. Las muestras con mayor concentración de sólidos (MA30 y MA30noPVA, preparadas con suspensiones al 30% de catalizador) requirieron pocas inmersiones.

Las características de los monolitos preparados se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2.** Carga, adherencia y propiedades texturales de los monolitos.

Monolito	Relación sílice/catalizador en el cubrimiento	Carga neta de catalizador (mg/monolito)	Número de cubrimientos	Adherencia (%)	$S_{BET}$ (m <sup>2</sup> /g)	Radio de poro (Å)
MA15	0.67	178	9	99	39	19.2 , 63.3
MA30	0.33	225	2	61	46	19.3 , 48.5
MA30noPVA	0.33	276	3	86	43	19.2 , 62.9

La adherencia óptima se obtuvo para MA15 (99%). La mayor relación sílice/catalizador en el cubrimiento de esta muestra resultó en una alta adherencia de la capa catalítica, marcadamente mayor a la observada en MA30 y MA30noPVA. Esto se debe a la sílice permanece luego de la calcinación, actuando como ligante de las partículas de catalizador y mejorando la adherencia a la superficie del sustrato. Adicionalmente, el empleo de este tipo de aditivos favorece la estabilidad térmica y mecánica del cubrimiento depositado.

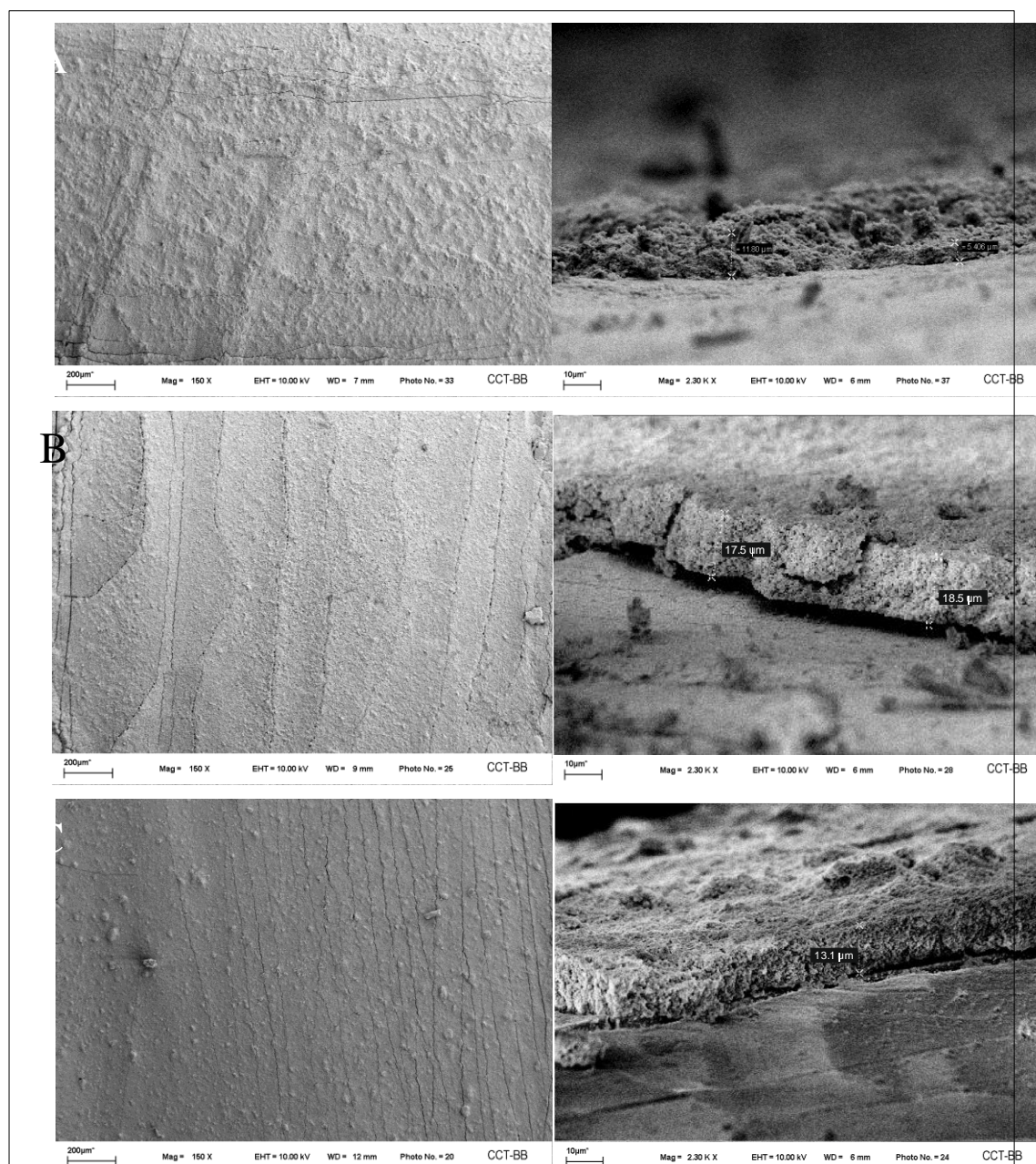
Las áreas específicas medidas no tuvieron variaciones significativas, con valores en torno a los 40 m<sup>2</sup>/g<sub>monolito</sub>. También se observaron similitudes en los radios de poro de los monolitos recubiertos. Los radios de poro reportados en la Tabla 2 para cada muestra corresponden a los valores encontrados en las distribuciones de tamaños de poro, las que resultaron ser bimodales. El primer valor de cada muestra se corresponde con la contribución del sustrato (monolito de aluminio anodizado descubierto, con un radio medio de poro de 18.7) y el



segundo con la contribución del cubrimiento catalítico sin el sustrato (con poros de 63.7 Å en promedio).

### 4.3 Morfología superficial

En la Figura 3 se muestra la morfología de los catalizadores estructurados y los cortes transversales de la capa depositada. Puede observarse que la superficie de los monolitos es relativamente homogénea, con la presencia de grietas longitudinales, originadas por la forma de la superficie del sustrato anodizado. El espesor del cubrimiento varió entre 5 y 18  $\mu\text{m}$ .

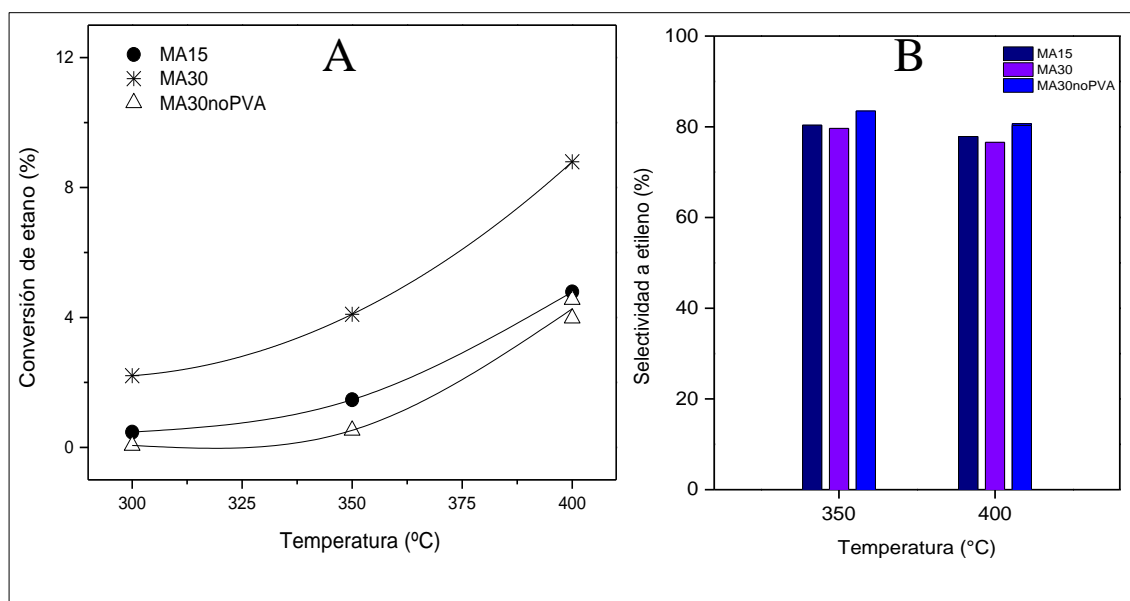


**FIGURA 3.** Imágenes SEM de la superficie de los monolitos y sección transversal de las capas catalíticas para A) MA15, B) MA30, y C) MA30noPVA.



#### 4.4. Ensayos de reacción

Los monolitos recubiertos con los óxidos mixtos de Ni-Nb fueron ensayados en la reacción de deshidrogenación oxidativa de etano para obtener etileno. En la Figura 4A se presentan los resultados de actividad de los catalizadores estructurados. Los mismos presentaron actividad a temperaturas relativamente bajas, en el rango de 300-400 °C. Por otro lado, se observaron elevados niveles de selectividad a etileno, sin variaciones significativas en los valores presentados por las distintas muestras (Figura 4B). El empleo de sustratos de aluminio anodizado no produjo una caída en la selectividad respecto del catalizador no soportado. Separadamente, se llevaron a cabo ensayos de reacción con el sustrato de aluminio descubierto a la máxima temperatura de operación (400 °C) y se observó una conversión de etano inferior a 0.4%, con CO<sub>2</sub> como único producto. De esta forma, se deduce que la selectividad a etileno en los catalizadores monolíticos de aluminio anodizado se debe solo al óxido mixto Ni-Nb, y la cantidad de CO<sub>2</sub> generada por el sustrato no fue significativa debido a su baja actividad. Previamente se reportó que la  $\gamma$ -alúmina contribuye a la oxidación de etano a CO<sub>2</sub> y a la deshidrogenación hasta coque, reacciones que proceden sobre los grupos ácidos OH y sobre los centros ácidos Al<sup>3+</sup>-O<sup>2-</sup> (Heracleous y Lemonidou, 2006b).



**FIGURA 4.** A) Conversión de etano en función de la temperatura, B) Selectividad a etileno a distintas temperaturas (condiciones operativas: O<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>/He = 5/5/90, W/F = 0.54 g s/cm<sup>3</sup>).

#### 5. Conclusiones

Mediante la técnica de cubrimiento por inmersión se obtuvieron cubrimientos de buena adherencia, homogeneidad y con la carga de fase activa deseada.

Se consiguieron adherencias óptimas para los cubrimientos con alta relación sílice/catalizador, efecto fundamentalmente atribuido al mejor anclaje mecánico debido a la acumulación preferencial de la sílice en los puntos de contacto entre las partículas del catalizador.

Fue factible la utilización de aluminio anodizado como sustrato para soportar los óxidos mixtos de Ni-Nb, y su empleo no produjo modificaciones significativas en la selectividad a etileno en la reacción de DHO de etano.

## Referencias

Boldrini, D. E., Sánchez M., J. F., Tonetto, G. M., Damiani, D. E. (2012). Efecto de tratamientos hidrotérmicos en las propiedades morfológicas superficiales de alúmina generada por anodizado. Segundo Congreso Argentino de Microscopía.

Burgos, N., Paulis, M., Gil, A., Gandia, L.M., Montes, M. (2000). New alumina/aluminium monoliths for the catalytic elimination of VOCs. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 130: 593-598.

Cavani, F., Ballarini, N., Cericola, A. (2007). Oxidative dehydrogenation of ethane and propane: How far from commercial implementation? *Catalysis Today*, 127: 113–131.

Cybulski, A.; Moulijn, J. (1998). *Structured catalysts and reactors*. New York: Marcel Dekker.

Heracleous, E., Lemonidou, A.A. (2006a). Ni–Nb–O mixed oxides as highly active and selective catalysts for ethene production via ethane oxidative dehydrogenation. Part I: Characterization and catalytic performance. *Journal of Catalysis*, 237: 162-174.

Heracleous, E., Lemonidou, A.A. (2006b). Reaction pathways of ethane oxidative and non-oxidative dehydrogenation on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> studied by temperature-programmed reaction (TP-reaction). *Catalysis Today*, 112: 23–27.

Meille, V. (2006). Review on methods to deposit catalysts on structured surfaces. *Applied Catalysis A: General*, 315: 1–17

Sánchez M., J. F., Boldrini, D. E., Tonetto, G.M., Damiani, D. E. (2011). Palladium catalyst on anodized aluminum monoliths for the partial hydrogenation of vegetable oil. *Chemical Engineering Journal*, 167: 355–361.

Santander, J. A., López, E., Tonetto, G. M., Pedernera, M. N. (2014). Preparation of NiNbO/AISI 430 Ferritic Stainless Steel Monoliths for Catalytic Applications. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 53: 11312–11319.

## **23TCQ - MODIFICACIONES A UN CATALIZADOR HETEROGÉNEO EN SISTEMA FENTON A PH NEUTRO PARA LA REMOCIÓN DE BENCENO.**

**RUSSO, A. V., VELASCO ANDRADE, C., JACOBO S. E.**

**Laboratorio de Físicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos. Departamento Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. INTECIN.**  
**analiavrusso@gmail.com**

### **Resumen**

El método Fenton en fase homogénea ha sido ampliamente estudiado para la remoción de contaminantes orgánicos. Las condiciones de trabajo óptimas son con peróxido de hidrógeno, sales de Fe(II) y pH moderadamente ácido (3-4). Para extender el campo de aplicación a suelos contaminados es necesario explorar nuevas condiciones de trabajo: reactivos sólidos y pH neutro.

En trabajos anteriores reportamos resultados de remoción de benceno, a pH ácidos, en un sistema zeolita-catalizador que mostró muy buena estabilidad en el tiempo manteniendo buena capacidad de remoción por largos períodos.

En este trabajo, proponer continuar con el mismo sistema de catalizador soportado pero a pH neutros y con peróxido de calcio. Dado que, los procesos involucrados en la remoción de benceno con nuestro sistema incluyen procesos de adsorción y oxidación, y además modificaciones en el estado de oxidación del catalizador (Fe), resulta interesante explorar diferentes condiciones de trabajo: incrementar el proceso de adsorción mediante surfactantes y optimizar la disponibilidad del hierro soportado en la zeolita mediante un complejante adecuado.

Se realizaron experiencias en sistemas batch con soluciones de benceno a fin de estudiar la cinética de remoción del mismo. Se utilizó una zeolita natural (ZN) modificada con iones amonio, cargada con iones hierro y reducida en atmosfera inerte (Ze-FeR). Los sistemas analizados fueron:

- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducido y agregado de quinona (Ze-FeRQ) como complejante del hierro.
- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducido y agregado de bromuro de hexadeciltrimetilamonio (Ze-FeR-CTAB) como surfactante para aumentar la capacidad de adsorción de la misma.

Se determinan las constantes cinéticas en ambas experiencias.

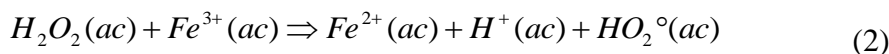
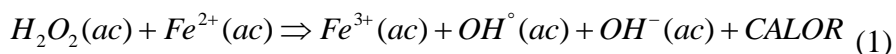
### **1. Introducción**

Las tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas como el bombeo y su tratamiento posterior tienen grandes inconvenientes debido a su elevado costo, necesidad y mantenimiento de equipos en el lugar de instalación, especialmente cuando se trata de períodos prolongados para alcanzar las concentraciones de contaminantes permitidos (Harter, T., 2003), (Oller et al., 2011), (Romero et al., 2009).

Debido a esta problemática, se están desarrollando nuevas tecnologías in-situ como las barreras reactivas permeables que presentan ventajas sobre otros métodos y consisten en interponer un medio reactivo semipermeable en el camino del flujo de una pluma del contaminante.

Los procesos avanzados de oxidación (PAOs) involucran la generación y uso de especies transitorias poderosas, principalmente el radical hidroxilo. Este radical puede ser generado por medios fotoquímicos (incluida la luz solar) o por otras formas de energía, y posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica (Wang y Zhang, 1997). Los PAOs son especialmente útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación.

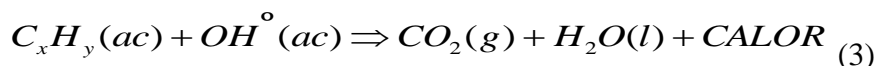
La reacción de Fenton (Fenton, H.J.H., 1894) se define como la generación catalítica de radicales hidroxilo ( $\text{OH}^\circ$ ) de la reacción en cadena de ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en un medio ácido (Neyens y Baeyens, 2009), (Kang y Hoffman, 1998) y (Botas et al., 2010). La reacción se puede iniciar en la presencia de ion ferroso en medio ácido de acuerdo a la ec.



La ec. (2) representa la regeneración del catalizador ion ferroso.

Aunque en ambas ecuaciones (1) y (2) se originan dos radicales ( $\text{OH}^\circ$  y  $\text{HO}_2^\circ$ ), respectivamente, el primero es más reactivo. Estos radicales oxidan compuestos orgánicos y en muchos casos producen la oxidación completa a dióxido de carbono y agua

El radical hidroxilo es no selectivo y reacciona de acuerdo con el siguiente mecanismo general:



Donde  $\text{C}_x\text{H}_y$  es una molécula genérica de un compuesto orgánico.

El benceno es un hidrocarburo aromático de fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_6$  (originalmente a él y a sus derivados se los denominaba compuestos aromáticos debido al olor característico que poseen) es un líquido incoloro de olor dulce y sólo ligeramente soluble en agua. En la actualidad, el benceno proviene del petróleo, pero varias industrias lo utilizan para fabricar productos químicos: el estireno (en diversos plásticos), cumeno (en varias resinas) y ciclohexano (en nylon y fibras sintéticas). El benceno se usa en la manufactura de ciertos tipos de caucho, tinturas, detergentes y medicamentos. Las fuentes naturales de benceno, que contribuyen a la presencia de este en el medioambiente son emisiones volcánicas e incendios forestales. La inhalación de benceno puede producir somnolencia, mareo y pérdida del

conocimiento. La exposición prolongada produce efectos sobre la médula de los huesos y puede causar anemia y leucemia. El Organismo de Protección Ambiental (EPA) establece un límite de benceno en agua potable de 5 partes de benceno por billón de partes de agua (5 ppb). (ATSDR, 2002)

Este proceso de oxidación avanzada que ha sido usada para el tratamiento de suelos y aguas subterráneas (Watts y Teel, 2005), (Beltran et al., 1998), (Byun-Dae et al., 2002). Uno de los inconvenientes en la utilización de soluciones de peróxido de hidrógeno, es que su excesiva descomposición a través de reacciones improductivas, disminuyen la velocidad de formación del radical responsable de producir la oxidación del contaminante (Buxton et al., 1988), (Huling et al., 2000).

Hay varios informes controvertidos acerca del tipo y cantidad de especies oxidantes generadas por una reacción de Fenton. Algunos autores (Salgado et al, 2013) relacionan esta variabilidad con las condiciones de reacción. A pesar de estas diferencias, hay acuerdo sobre la importancia de los ligandos en la esfera de coordinación de Fe(II) (o Fe(III) en Fenton-like) para la reactividad de un sistema de Fenton. Estos factores a su vez dependen de las condiciones de reacción (pH, concentración de los reactivos, etc.). Las reacciones a pH neutro involucran compuestos de Fe con baja solubilidad (hidróxidos, oxohidróxidos) que interfieren en la cinética de oxidación pudiendo inhibir una reacción de Fenton por varios caminos. En estos casos, se adiciona un complejante para mantener el Fe soluble en forma activa (Salgado et al., 2012).

Dada la estructura de la zeolita es esperable una buena capacidad de adsorción de numerosas sustancias contaminantes. Esta capacidad está relacionada con la estructura de la misma y puede incrementarse mediante el uso de aditivos (surfactantes) como fue reportado para la adsorción de numerosos hidrocarburos (Burt et al., 2005), (Zhang et al., 2004), (Zhang et al., 2002), (Li et al., 1999).

Inicialmente comenzamos a trabajar en la descomposición de benceno a pH ácidos con buenos resultados (Clicap 2012). Para ajustar este método a condiciones comparables en suelos presentamos, en este trabajo los resultados de los ensayos realizados con reactivos sólidos en condiciones de pH neutro con benceno. Se utilizó una zeolita natural (ZN) modificada con iones amonio, cargada con iones hierro y reducida en atmosfera inerte (Ze-FeR). Los sistemas analizados fueron:

- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducido y agregado de quinona (Ze-FeRQ) como complejante del hierro.
- Zeolita natural modificada y cargada con iones hierro reducido y agregado de bromuro de hexadeciltrimetilamonio (Ze-FeR-CTAB) como surfactante para aumentar la capacidad de adsorción de la misma.

Se determinan las constantes cinéticas en ambas experiencias.

## **2. Materiales and métodos**

### **2.1 Reactivos**

Todos los reactivos empleados fueron de calidad analítica. El benceno fue provisto por Merck Argentina SAIC, el peróxido de calcio por Aldrich Chemistry, el n-hexano para la extracción por Sintorgam y los fosfatos monobásico y dibásico de sodio por Merck.

La solución de alimentación fue preparada con dos concentraciones de benceno (5 y 11mM) en agua desionizada, el pH fue ajustado a 7 con  $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Las experiencias se realizaron por duplicado en todos los casos.

Se usó como complejante solución de hidroquinona (1,4 bencenodiol) provisto Mallinckrodt Chemical Works. El sulfato ferroso y el cloruro de amonio fueron provistos por Cicarelli.

## 2.2 Preparación del catalizador

Para las experiencias se utilizó un catalizador hierro metálico soportado en zeolita natural. La zeolita natural (provista por Diatec SRL) fue molida, tamizada, lavada y modificada. Para aumentar la carga de iones ferrosos se empleó una solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . De manera que el ión  $\text{NH}_4^+$  desplaza los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  aumentando la cantidad de sitios disponibles para luego ser intercambiados por iones  $\text{Fe}^{2+}$ .

La zeolita así modificada se contactó con una solución de sulfato ferroso 0,14 M durante 24 hs, (Russo et al., 2014). La reducción del Fe(II) en la zeolita se llevó a cabo dosificando, una solución basificada de borohidruro de sodio 0,5 M, en atmósfera inerte.

Luego la zeolita obtenida fue lavada con acetona y secada en estufa al vacío (Ze-Fe). El catalizador NZ-Fe fue caracterizado por DRX, SEM, EDAX y determinado su contenido de Fe adicional por técnicas de titulación con dicromato de potasio (Skoog y Holler, 1997).

Para la preparación de zeolita con complejante (1,4 benecenodiol) se partió de zeolita Ze-Fe manteniendo en solución de agua con quinona, pH=11, con aireación por 24 hs. (Ze-FeRQ).

## 2.3 Análisis de las muestras de contaminante

Para el análisis de las muestras de benceno se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible marca Shimadzu UV-visible 2401 PC. Para su determinación, el benceno remanente en la solución acuosa fue previamente extraído en n-hexano. Esta disolución muestra un perfil característico de cinco picos con diferentes intensidades. Se seleccionó el pico (máximo) ubicado en la longitud de onda de 254,8 nm para establecer una curva de calibración con un buen ajuste lineal en el rango de concentraciones propuesto ( $R^2 = 0,9981$ ), (Domé Lobo D.N. et al., 2013).

## 2.4 Tratamiento de los resultados

Se calcularán los parámetros cinéticos (Liu et al., 2007) de cada una de las curvas de remoción considerando una cinética de 1° orden aparente con respecto a la concentración de benceno.

$$\frac{dC}{dt} = -kC^\alpha \quad ; k = k_1 C_B^\beta$$

$C_B^\beta$  incluye a otros reactivos como  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Entonces  $k$  sería una constante cinética aparente.

$$v = kC^\alpha$$

Para dos concentraciones de benceno diferentes:

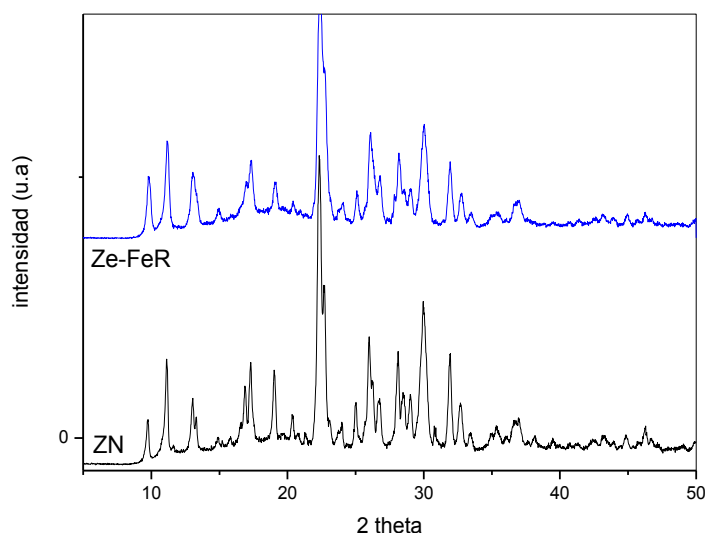
$$v_1 = kC_1^\alpha ; v_2 = kC_2^\alpha$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \left( \frac{C_1}{C_2} \right)^\alpha$$

$$\ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = \alpha \cdot \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$$

$\alpha$  = pseudo orden de reacción.

### 3. Resultados y discusión



**FIG. 1.** Difractograma de la zeolita natural (ZN) y de la zeolita cargada con el catalizador (Ze-FeR).

La figura 1 presenta dos espectros de difracción por rayos X. Estos corresponden a una muestra de zeolita natural (ZN) y al de una muestra luego del proceso de carga y reducción (Ze-FeR). El análisis indica que la muestra de zeolita natural está compuesta principalmente (o en su totalidad) por clinoptilolita (Código de referencia: 01-080-0464 [4]). Al comparar ambos espectros puede inferirse que el proceso de carga del ión ferroso y su posterior reducción no modifica notoriamente la estructura cristalina de la clinoptilolita, ya que no se reconocen cambios considerables en el patrón de difracción.

La Tabla 1 presenta los parámetros estructurales de las muestras analizadas: (para su obtención se utilizó el programa Powder Cell)

**TABLA 1.** Parámetros estructurales de las muestras analizadas por DRX.

Muestra	Parámetro			
	a (Å)	b (Å)	c (Å)	$\beta$
ZN	17.6488	17.8863	7.3916	116.3604
Ze-FeR	17.7505	17.9945	7.4276	116.3222

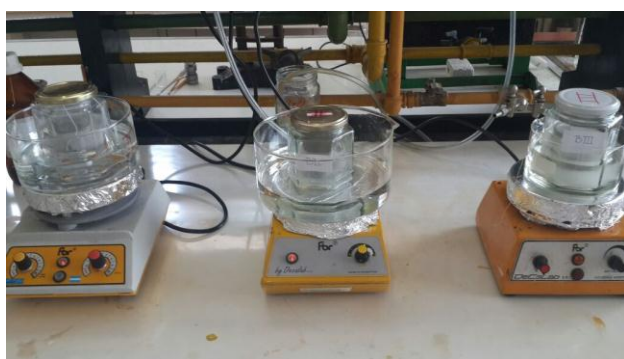
A partir de la tabla anterior se infiere que los valores de los parámetros de celda corresponden al grupo espacial C12/m1. Se observa un ligero incremento en dichos parámetros atribuibles al correspondiente aumento de radio experimentado al reducirse los iones  $\text{Fe}^{2+}$  intercambiados (0,74 Å) a hierro metálico (1,24 Å).

### 3.2 Efecto del complejante en el catalizador

Se comparan dos ensayos de remoción de solución de benceno 5mM empleando Ze-Fe y Ze-FeRQ.

Para ello se colocaron 200 ml de solución de benceno, pH=7, con una masa de zeolita de 2,5 g y 0,45g de peróxido de calcio(s), en sistemas estáticos (batch) herméticamente cerrados y manteniendo la temperatura a 20°C.

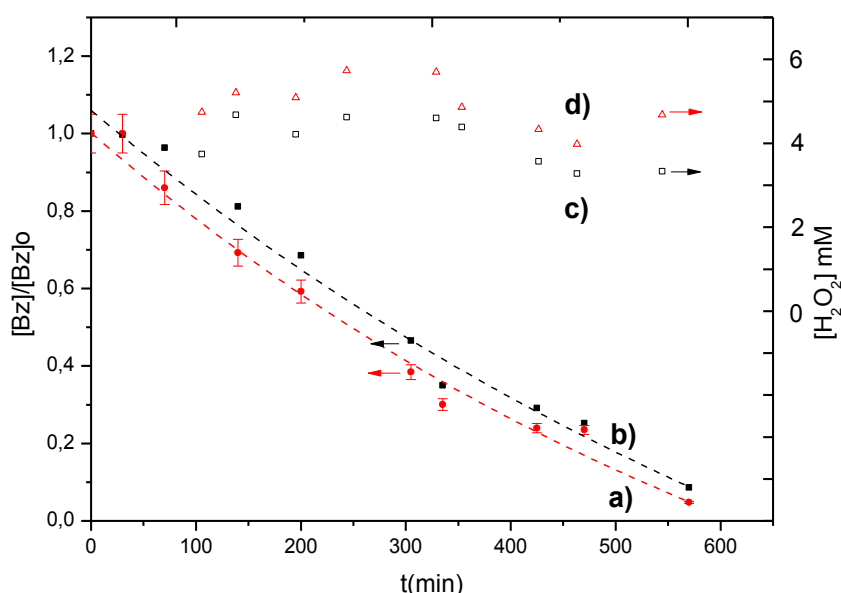
Para asegurar el contacto entre el reactivo, el catalizador y el contaminante, y no deteriorar mecánicamente al soporte (zeolita) se emplearon mallas metálicas para suspender los sólidos en solución mientras se empleó agitación magnética.



**FIG 2.** Experiencias de remoción del contaminante con soporte inerte y reactivo en malla filtrante con agitación magnética.

Se tomaron muestras del sobrenadante durante determinados intervalos de tiempo a lo largo de 560 minutos. En cada muestra se determinó la concentración de benceno remanente y la cantidad de peróxido de hidrógeno en solución.





**FIG. 3.** Evolución del contaminante ( $[Bz]/[Bz]_0$ ) en presencia de quinona Ze-FeRQ (a) y sin quinona Ze-FeR (b). Sobre el eje derecho se visualiza la evolución en la concentración del peróxido de hidrógeno en ambos casos: sin quinona (c) y con quinona (d)

Puede observarse en la figura 3 que la presencia del complejante incrementa ligeramente la capacidad de remoción del catalizador mediante la complejación de los iones Fe(II) evitando la posible formación de oxohidróxidos a pH neutro que pudieran retrasar y/o impedir la capacidad cinética del Fe(II). Estos resultados se traducen en diferentes valores de la constante cinética:  $2,0 \times 10^{-3}$  mM/min para Ze-FeRQ y  $5,40 \times 10^{-4}$  mM/min para Ze-FeR. Estas diferencias en los perfiles cinéticos permiten inferir que cuando el catalizador está soportado en la zeolita, como es en este sistema, es posible minimizar la formación de compuestos hidroxilados que interfieren con la capacidad catalizadora del Fe, lo cual es muy conveniente para emplear este sistema en barreras reactivas por tiempos prolongados. Sin embargo ambos perfiles muestran que en ausencia de complejante, la actividad catalítica del sistema es eficiente ya que remueve en forma ininterrumpida al contaminante (Fig.3). El incremento en la actividad del catalizador (a) se refleja en el mayor consumo de peróxido de hidrógeno (d) que muestra menores valores de peróxido en solución durante todo el proceso.

En ambos casos a los 200 min se observa una remoción de benceno del orden de 50%. La concentración de peróxido de hidrógeno se mantiene prácticamente constante durante todo el proceso, indicando una buena relación  $[Bz]/[H_2O_2]$ .

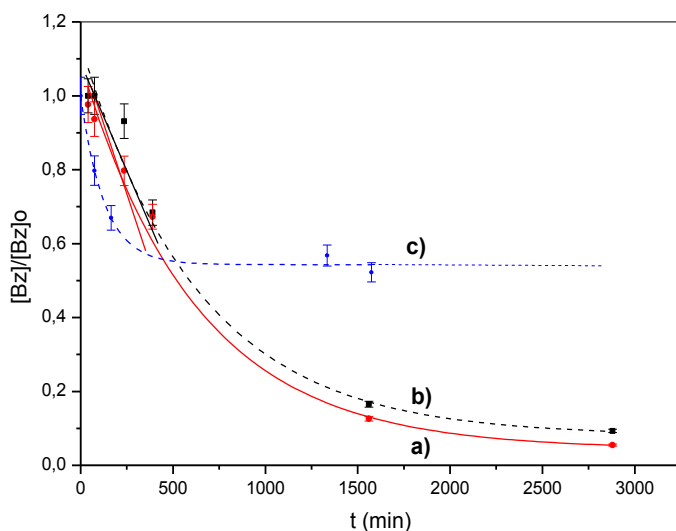
### 3.3 Efecto del surfactante sobre el catalizador.

En la segunda experiencia se comparó la remoción de solución de benceno 11,25mM empleando Ze-FeR y Ze-FeR-CTAB.

Para ello se colocaron 100 mL de solución de Bz, pH=7 en frascos erlenmeyers, con una masa de zeolita de 2,5 g y 0,45g de peróxido de calcio(s), en sistemas estáticos (batch)

herméticamente cerrados y manteniendo una temperatura de 20 °C constante. En este caso se empleó un agitador mecánico.

Se tomaron muestras de la solución acuosa que fueron contactadas con n-hexano y cuantificado el contenido de benceno remanente.



**FIG. 4.** Remoción de benceno (11.25mM) con a): catalizador tal cual (Ze-FeR); b): modificado con surfactante (Ze-FeR-CTAB) y c): zeolita natural con surfactante.

La fig.4 muestra los perfiles cinéticos durante la remoción del benceno (11.25mM). Se indican, además, las rectas tangentes para obtener los valores de las velocidades iniciales. Para mostrar la acción del surfactante se incluye la curva c) correspondiente a la absorción del benceno sobre la zeolita modificada.

Puede observarse que la modificación del catalizador con CTAB incrementa levemente la capacidad de remoción posiblemente por incrementar la absorción del benceno sobre la zeolita debido al surfactante. Sin embargo el perfil cinético es similar en ambas experiencias. En el caso de la remoción de benceno usando la zeolita con hierro sin modificar (Ze-FeR), el valor de la constante cinética es  $3,97 \times 10^{-4} \text{ mM/min}$  ( $r^2=0,937$ ) mientras que para la remoción usando Ze-FeR-CTAB el valor de la constante cinética es de  $9,58 \times 10^{-4} \text{ mM/min}$  ( $r^2=0,998$ ).

En las experiencias de adsorción realizadas sin uso del peróxido de calcio (c) se observó que la máxima adsorción y evaporación del contaminante es de alrededor del 50 % al cabo de 24 hs, mientras que la remoción en ambos caso es menor al 20% para ese tiempo. En los primeros minutos este fenómeno de adsorción y evaporación es significativo pero una vez transcurridos los 200 minutos, dicho fenómeno pierde significancia.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos nos permiten inferir que el catalizador preparado incluyendo Fe(II) en la zeolita y su posterior reducción, mantiene el Fe en un estado activo a pH= 7 donde se

podría esperar la precipitación del mismo, sin embargo la capacidad del catalizador no se modifica a esos valores de pH.

Por otro lado, la modificación de la zeolita con un surfactante (CTAB), si bien incrementa la remoción del benceno por adsorción, no mejora las propiedades catalíticas del Fe soportado. Estos resultados muestran que el sistema propuesto puede emplearse en el diseño de una barrera reactiva para la remoción de hidrocarburos a pH neutro.

## 5. Agradecimientos

Estos trabajos se realizaron en el marco de la programación UBACyT 2014-2017.

## 6. Bibliografía

ATSDR: Agency for Toxic Substances & Disease Registry:  
[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts91.htm](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts91.htm)

Beltran F.J., Gozalez M., Ribas F.J., Alvarez P. (1998). Fenton Reagent Advanced Oxidation of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons In Water. *Air and Soil Pollution* 105 : 685-700.

Bergendal, J.A. y Thies, T.P. (2004). Fenton's oxidation of MTBE with zero-valent iron. *Water Research* 38: 327-334.

Botas, J.A., Melero J.A., Martinez, F., y Pariente, M.I. (2010). Assessment of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> catalyst for the continuous treatment of phenol aqueous solutions in a fixed bed reactor. *Catalysis Today* 149 : 334-340.

Burbano, A.A., Dionysiou, D.D, Suidan, M.T., y Richardson, T.L. (2005). Oxidation kinetics and effect of pH on the degradation of MTBE with Fenton reagent *Water Research* 39 : 107-118.

Burt, T.A., Li Z, Bowman R.S. (2005). Evaluation of granular surfactant-modified/zeolite zero valent iron pellets as a reactive material for perchloroethylene reduction. *Journal Environmental Engineering* 131 (6) : 934-942.

Buxton G.V., Greenstock C. L., Hellman P.W., Ross A.B. (1988). Critical review of rate constants of reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms, and hydroxyl radicals (OH·/O·-) in aqueous solution. *Journal of Physical Chemistry Reference Data* 17 N°2 513-886.

Byung-Dae Lee, Satoshi Nakai, Masaaki Hosomi. (2002). Application of fenton Oxidation to remediate polycyclic aromatic hydrocarbons-contaminated soil. *Journal of Chemical Engineering of Japan* 35 N°6, 582-586.

Carroquino, M.J., Gersberg RM., Dawsey, W.J., Bradley MD. (1992). Toxicity reduction associated with bioremediation of gasoline- contaminated groundwater. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 49 : 224-231.

Domé Lobo, D.N., Russo, A.V., Jacobo, S.E. (2013). Estudio de remoción de contaminantes orgánicos por métodos de oxidación avanzada. Tesis de grado. Laboratorio de Fisicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos. Depto Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.

Fenton, H.J.H. (1894). Oxidation of tartaric acid in presence of iron. *Journal. Chemistry. Soc.* 65 : 899-910.

Harter, T. (2003). Groundwater quality and groundwater pollution. California: University of California (Division of Agriculture and Natural Resources). Public. 8084.

Huling, S.G., Arnold R.G., Jones, P.K., Sienka R.A. (2000). Predicting Fenton-Driven degradation using contaminant analog. *Journal of Environmental Engineering*. 126 4.

Kan, E. y Huling, S. (2009). Effects of temperature and Acidic Pre-Treatment on Fenton-Driven Oxidation of MTBE-Spent Granular Activated Carbon. *Environmental Science Technology* 43 : 1493-1499.

Li Z., Jones H.J., Bowman R.S., Helfferich R. (1999). Enhanced reduction of chromate and PCE by pelletized surfactant-modified zeolite/zerovalent iron. *Environmental Science and Technology* 33 (23) : 4326-4330.

Liu, H., Li, X.Z., Leng, Y.J., Wang, C. (2007). Kinetic modeling of electro-Fenton reaction in aqueous solution. *Water Res.* 41, 1161-1167.

Mitani, M.M., Keller, A.A., Bunton, C.A., Rinker, R.G., y Sandall, O.C. (2002). Kinetics and products of reactions of MTBE with ozone and ozone/hydrogen peroxide in water. *Journal of Hazardous Materials B89* : 197-212.

Neyens, E. y Baeyens, J. (2003). A review of classic Fenton's peroxidation as advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials* 98(1-3) : 33-50.

Nyer E.K. (2009). *Groundwater Treatment Technology*, Third Edition, John Wiley & sons, Inc.

Oller, I., Malato, S., Sánchez-Pérez, J.A. (2011). Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination. *Science of the Total Environment* 409(20) : 4141-4166.

Romero, A., Santos A., Vicente F., Rodriguez S., Lopez Lafuente A. (2009). In situ oxidation remediation technologies: Kinetic of hydrogen peroxide decomposition on soil organic matter. *Journal of Hazardous Materials* 170 : 627-632.

Russo, A.V., Toriggia, L. F., Bercoff, P. G., y Jacobo, S. E. (2011). Solid catalysts for benzene degradation: iron and magnetite nanoparticles. XII Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales, SAM-CONAMET, Rosario, Santa Fe, Argentina.

Russo, A. V., Domé Lobo, D.N, Jacobo, S.E. (2013). Removal of MTBE in columns filled with modified natural zeolites. XIII Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales, SAM-CONAMET. Puerto Iguazú, Misiones, Argentina.

Russo A.V., Toriggia, L.F. y Jacobo, S.E. (2014). Natural clinoptilolite zeolite loaded with iron for aromatic hydrocarbons removal from aqueous solutions. *Journal of Materials Science* 49(2) : 614-620.

Salgado P., Melin V., Contreras D., Moreno Y., Mansilla H.D. (2013). Fenton Reaction driven by iron ligands. *Journal of the Chilean Chemical Society* 58, N°4.

Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., Crouch, S.R. (2001). *Química Analítica* 7° Edición, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. México, D.F.

Toriggia, L.F., Russo, A.V., Jacobo, S.E. (2012). Degradación de benceno en soluciones acuosas mediante procesos Avanzados de Oxidación con reactivo de Fenton modificado. Tesis de grado. Laboratorio de Fisicoquímica de Materiales Cerámicos Electrónicos. Depto Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.

U.S. EPA (1999). Final Revisions to the Unregulated Contaminant Monitoring Regulation, Office of Water, EPA 815-F-99-005.

Wang, C.B., y Zhang, W.X. (1997). Syntesizing nanoscale iron particles for rapid and complete dechlorination of TCE and PCB. *Environmental Science & Technology* 31 : 2154-2156.

Watts, R.J., Teel, A.L. (). Chemistry of modified Fenton's reagent (catalyzed H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> propagations-CHP) for in situ soil and groundwater remediation. *ASCE-Journal Environmental Engineering* 131 : 29-51.

Zhang P., Simunek J., Bowman R.S., (2004). Nonideal transport of solute and colloidal tracers through reactive zeolite/iron pellets. *Water Resources Research* 40 (4).

Zhang P., Tao X., Li Z., Bowman R.S. (2002). Enhanced perchloroethylene reduction in column systems using surfactant-modified zeolite/zero-valent iron pellets. *Environmental Science and Technology* 36 (16) : 3597-3603.

## **24TCQ - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA ARCILLA PILARIZADA CON ALUMINIO A PARTIR DE UNA MATRIZ NATURAL.**

**DI SANTO, R.<sup>1</sup>; LUCERO, L.<sup>1</sup>; DUARTE, M.<sup>2</sup>; CARBAJAL, I.<sup>1</sup>; NINAGO, M.<sup>3</sup>; NAVARRETE, D.<sup>1</sup>, DEBERNARDI, M.<sup>1</sup>, ZAPATA, N.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael (5600). Mendoza.**

**[rdisanto@fcai.uncu.edu.ar](mailto:rdisanto@fcai.uncu.edu.ar); [llucero@fcai.uncu.edu.ar](mailto:llucero@fcai.uncu.edu.ar);**

**<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (INEC). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (8000).**

**<sup>3</sup>PLAPIQUI – UNS – CONICET. Universidad Nacional del Sur – Bahía Blanca (8000).**

**Resumen.** El objetivo del presente trabajo fue el estudio de una técnica de modificación estructural de la bentonita natural con el fin de mejorar su capacidad de retención de metales pesados, por medio de un proceso de pilarización, variando el tratamiento térmico tradicional, operando con horno microondas. La bentonita natural posee una capacidad de retención de metales que se encuentra limitada por su superficie específica disponible. Sin embargo es posible aumentar dicha capacidad modificando sus características estructurales y texturales, para lo cual se procedió a realizar un proceso de pilarización con polihidroxidaciones de aluminio. Los análisis realizados comprobaron la pilarización con el polihidroxidación de aluminio de la arcilla natural utilizada. Se constató un aumento de la distancia interlamina con respecto a la bentonita natural y un incremento del área específica para las arcillas tratadas.

**Palabras Clave:** Bentonita, pilarización, polihidroxidaciones de aluminio.

### **1 Introducción**

La bentonita es un mineral que pertenece al grupo de las zeolitas. Se trata de una arcilla natural que pertenece esencialmente al grupo de las esmectitas, subgrupo montmorillonita, sustancias que son ampliamente utilizadas a nivel industrial debido a sus propiedades fisicoquímicas. Las zeolitas están compuestas por aluminio, silicio, sodio, hidrógeno, y oxígeno, y su estructura cristalina está basada en las tres direcciones de la red con  $\text{SiO}_4$  en forma tetraédrica con sus cuatro oxígenos compartidos con los tetraedros adyacentes.

En general las arcillas presentan un alto grado de hidratación, baja densidad y un gran volumen de vacíos al ser hidratadas, además de poseer una estructura cristalina estable cuando se deshidratan. Poseen propiedades de intercambio catiónico, habilidad de absorber gases y vapores, además de propiedades catalíticas.

Estas sustancias basan su funcionamiento en procesos de intercambio iónico y adsorción, presentando alta eficacia en la remoción de contaminantes, ya que pueden integrar los procesos específicos de intercambio de iones con los menos específicos de adsorción física y tamizado molecular.

La retención de metales pesados en arcillas depende de ciertos factores tales como composición mineralógica de la arcilla, tratamiento químico aplicado, pH, fuerza iónica y naturaleza de las especies metálicas. También la adsorción específica de aniones y cationes puede ser utilizada para cambiar el estado superficial del adsorbente y a su vez la afinidad por los metales.

La bentonita natural posee una capacidad de retención de metales limitada por su superficie específica disponible. Sin embargo, es posible aumentar la capacidad de retención modificando las características estructurales y texturales del material arcilloso por medio de

tratamientos que también permiten mejorar la selectividad, lo que redunda en una mayor eficiencia de los procesos industriales de remoción de contaminantes.

La bentonita es un hidrosilicato conformado por estructuras laminares unidas entre sí en los espacios interlaminares por cationes  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ , entre otros, los que pueden ser reemplazados por intercambio catiónico. Esta propiedad es la que permite preparar bentonitas pilarizadas, lo que facilita obtener un material poroso de mayor superficie específica.

El proceso de pilarización consiste en la intercalación de complejos catiónicos de gran tamaño que actúan como *pilares* de la estructura, manteniéndola abierta a temperaturas superiores a 200 °C. El pilar sostiene las láminas y las galerías forman una red de microporos, presentando así los materiales una distribución homogénea de microporosidad. El pilar influye en el espacio interlaminar, mientras que la frecuencia de pilares lo hace en el ancho de poros. Así, luego de una calcinación, se obtiene un material rígido y poroso, cuyas dimensiones de poro son mayores que las de las zeolitas.

Las arcillas pilarizadas se obtienen mediante intercambio iónico de los cationes presentes en las arcillas naturales por polihidroxicationes de Al, Zr, Fe, Cr o Ti. En el presente trabajo se prepararon bentonitas pilarizadas con polihidroxicationes de aluminio, poniendo en contacto cantidades iguales de bentonita natural con el agente pilareante en agitación constante durante un tiempo determinado. Las arcillas pilarizadas de aluminio poseen una mayor área superficial que las obtenidas con otros policationes, además de contar con una elevada termoestabilidad.

## 2. Objetivos

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, el objetivo del presente trabajo fue el estudio de una técnica de modificación estructural de la bentonita natural con el fin de mejorar su capacidad de retención de metales pesados, por medio de un proceso de pilarización, variando el tratamiento térmico tradicional, operando con horno microondas.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende obtener diferentes matrices sólidas modificadas a partir de la pilarización con hidroxicationes; interpretar resultados gráficos de análisis de caracterización de esmécticas y comparar propiedades de agentes pilareantes y matriz de adsorción, de acuerdo a los diferentes métodos de modificación de matrices sólidas.

## 3. Metodología

### 3.1 Preparación de la arcilla

El esquema de trabajo inició con la elección del sistema adsorbente: se seleccionó una bentonita comercial de grado enológico, como matriz sólida inicial. Su composición inicial es la siguiente:

- $\text{SiO}_2$ : 55 %-60%
- $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 10%-20%
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 5%-12%
- $\text{CaO}$ : 1%-2%
- $\text{MgO}$ : 2%-4%
- $\text{Na}_2\text{O}$ : 1%-3%
- $\text{K}_2\text{O}$ : 1%-2%
- $\text{TiO}_2$ : 0,5%-1%

Se separaron muestras de acuerdo al siguiente detalle:

- Muestra N°1: Bentonita de calidad enológica – Remoción de sólidos solubles y carbonatos – Malla 80
- Muestra N°2: Bentonita de calidad enológica Natural Pilarizada – Malla 80

- Muestra N°3: Bentonita de calidad minera – Malla 100 – Con tratamiento térmico de microondas.

Tratamiento Muestra 1: En primer lugar se procedió a tamizar mecánicamente la bentonita empleando tamices normalizados del tipo Ro-Tap, utilizándose tamices con designación equivalente de Tyler de malla N° 40 (420 micras) – 80 (177 micras) – 100 (149 micras) – 140 (105 micras) – 270 (53 micras). El material utilizado es el material superior del tamiz de malla N° 80. El rendimiento de la operación es inferior al 30 % del total de la alimentación, donde el mayor porcentaje obtenido es de partículas ultrafinas.

La purificación de la muestra 3 consistió en la remoción de sales solubles mediante sucesivos lavados con agua destilada, centrifugación a 1000 r.p.m. , posterior secado a 120°C, y la remoción de carbonatos mediante lavados con solución buffer 4,9.

La solución buffer se preparó con soluciones de acetato de sodio y ácido acético glacial, en una relación de 30-40 ml buffer/g de arcilla. Para la remoción de carbonatos se agitó durante 12 horas a 60°C. Finalizado el proceso, se lavó con agua destilada, intercalados dichos lavados con eliminación de la solución de lavado por medio de centrifugación a 4500 r.p.m. por 10 minutos.

Tratamiento Muestra 2: Esta muestra se obtuvo a partir de pilarización de bentonita sin clasificación granulométrica ni purificación (remoción de sales solubles y carbonatos). El resto del proceso es idéntico a la muestra N°1, la diferencia radica en la conductividad de la solución de lavados y la cantidad de éstos como último paso. Se hicieron 7 lavados, debido a que un mayor número de repetición no incidió significativamente en el valor de conductividad. Bajó un 1,2% en 3 lavados extras. La pérdida de muestra durante los procesos de lavado, trasvase y secado fue de un 15%, logrando enviar una muestra a analizar de 17 g.

Tratamiento Muestra 3: Debido a que las muestras anteriores se trabajaron con volumen máximo de 2 litros, y se obtuvieron pérdidas del 15 % de bentonita, se trabajó con 10 gramos de bentonita (50 % del peso de muestras anteriores) para verificar si las pérdidas se reducen al trabajar con recipientes de menor capacidad. Estas condiciones de trabajo permiten acortar los tiempos empleados en lavados y lograr mayores rendimientos de los insumos. A fin de conocer la influencia de la granulometría en los procesos de pilarización, se realizó una tamización con una serie alternativa a los anteriores (malla 20 – 40 – 80 – 100).

El tratamiento de purificación es idéntico a la muestra N° 1, pero no se realizó remoción de carbonatos. La homoionización se realizó con las mismas concentraciones, diferenciando la cantidad de lavados que fue superior a los realizados con las muestras 1 y 2.

### **3.2 Agente Pilareante**

La solución pilareante se preparó de acuerdo al procedimiento descrito por Torkatz y Shabtai, hidrolizando una solución de  $\text{AlCl}_3$  (0,4 M) mediante adición lenta de NaOH (0,4 M) a 60°C, obteniendo una relación OH/Al de 2,2 para la solución pilareante. Finalizada la adición, se prosiguió con el proceso de envejecimiento, el cual consistió en 2 horas a 80° C y 24 horas a temperatura ambiente. La calefacción se realizó por medio de la resistencia eléctrica incluida en el equipo de agitación magnética.

### **3.3 Proceso de Pilarización**

El proceso de pilarización se efectuó mediante la adición de la solución pilareante sobre una suspensión de arcilla en agua al 2% (p/v) a 60°C, teniendo una relación de 12 mmoles Al/g de arcilla. Finalizada la adición se dio inicio al proceso de intercalación, el cual consistió en 2 horas de calefacción a 80 °C y 12 horas a temperatura ambiente. Luego se lavó 5 veces la



muestra y se secó en estufa durante 24 horas. Las muestras se lavaron con agua destilada, hasta lograr una diferencia de conductividad menor al 1,2% con la solución de lavado. En la Muestra N°2 se realizaron 5 lavados, mientras que en la Muestra N°3 se realizaron 7 lavados. La Muestra N° 3 se sometió a un tratamiento térmico, el que consistió en un proceso de irradiación. Esta metodología de irradiación con microondas es alternativa a las que se realizan en hornos de calcinación, en los cuales se trabaja durante 18 a 24 horas, con rampas de temperatura que no superan los 10 °C/min. Esta opción presenta ventajas en los siguientes aspectos:

- Disminución de los tiempos de intercalación, de 18 a 24 horas a 10 minutos a baja potencia.
- Eliminación de residuos contaminantes orgánicos que pudiese tener la muestra, simplificando así la purificación de las mismas.
- Menos consumo de energía.
- Las temperaturas máximas registradas son inferiores a la promedio trabajada en hornos de calcinación (450°C), lo que asegura que no se desencadenen otras reacciones no deseables, tales como descomposición o ruptura de ión Keggín. Por lo tanto los resultados son más selectivos.

La muestra seca se irradió 10 minutos a 100 W. La aplicación de un campo eléctrico genera la rotación dipolar de las moléculas polares neutras o con carga eléctrica separadas espacialmente. Las mismas se rotan los polos en la dirección del incremento del campo de las microondas. La fricción molecular resultante genera calor instantáneamente de una forma uniforme, logrando una distribución uniforme en el aumento del área superficial.

#### **4. Resultados**

Para la caracterización de las muestras se contó con la colaboración Universidad Nacional del Sur. En la misma se realizaron los análisis de caracterización de tres muestras: bentonita natural, bentonita purificada-pilarizada (Muestra N° 1), y bentonita natural pilarizada (Muestra N°2). Los resultados gráficos fueron analizados para determinar modificaciones en la matriz cristalina natural. Se realizó difracción de Rayos X.

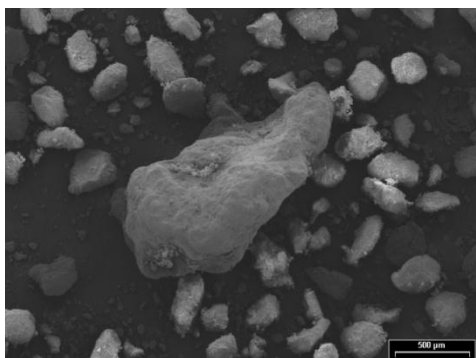
La Muestra N° 1 muestra un desplazamiento de 2° en 2 $\theta$  hacia la izquierda del primer pico en comparación a la bentonita natural (Figura N°3). La señal es clara, y denota un aumento de la distancia interlamina, correspondiente a la formación del pilar.

La Muestra N° 2, tiene un desplazamiento del primer pico menos marcada, lo que sugiere que la pilarización de la bentonita sin purificaciones no formó en su totalidad pilares interlaminares. También se puede verificar que la distancia intralamina es mayor que la original, con una correspondiente disminución de la densidad.

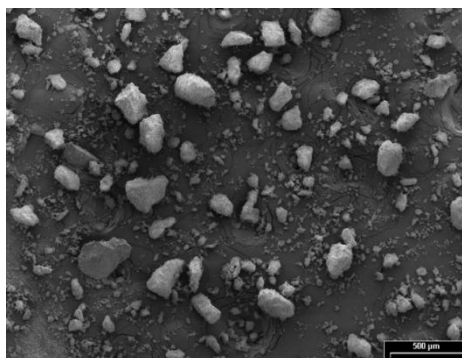
Se realizó además en la UNS el análisis mediante espectrometría por fluorescencia de rayos X, para determinar cualitativamente los elementos químicos comprendidos entre Carbono (Z = 6) y Uranio (Z = 92) con un límite de detección de 1 ppm. Se determinó que los elementos mayoritarios son: Silicio, Aluminio, Oxígeno, Sodio, Potasio, y Hierro.

La microestructura fue estudiada mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM 515 Philips Electron Microscope) del Centro Atómico Bariloche. En el análisis de las muestras, se utilizaron diferentes fotografías para realizar una comparación de las estructuras en diversos grados de magnificaciones.

En las Figura 1.a (Muestra N°1) y 1.b (Muestra N°2), podemos observar la morfología general de los polvos. En la primera, se distingue una amplia distribución de tamaños de partículas, con un máximo de 2500  $\mu\text{m}$ .



**Fig.1.a.** Microestructura

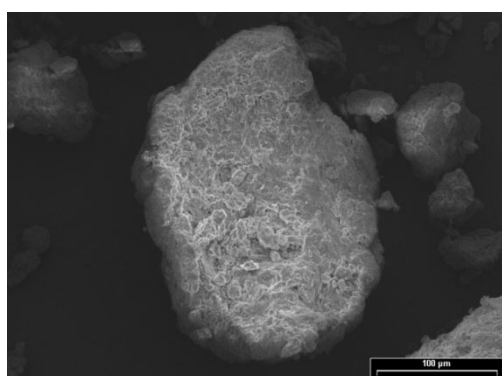


**Fig.1.b.** Microestructura

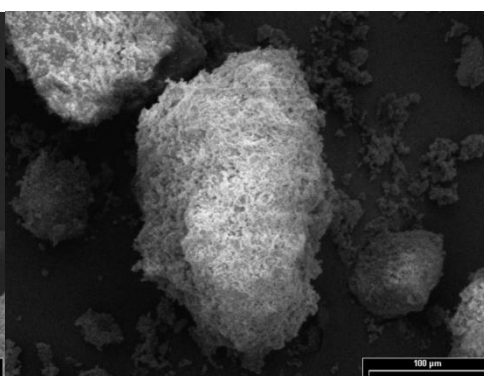
La forma de los gránulos es variable, con bordes y caras irregulares, y superficie porosa. Esto denota la heterogeneidad del producto, debido a que se encuentra en estado natural, y no se realizó clasificación por tamaño en tamizador. En la segunda, se observa uniformidad en tamaño de granos, con un máximo de 400  $\mu\text{m}$ , y un promedio de 250  $\mu\text{m}$ , y presencia de partículas de menor tamaño, provenientes de desprendimientos de aglomerados en los diferentes tratamientos con soluciones acuosas. La forma es variable, con bordes un tanto redondeados y superficie más porosa que la anteriormente detallada. La superficie presenta brillo, lo cual indica el poder aislante de esta arcilla.

Con un aumento de definición de imagen (200  $\mu\text{m}$ ), se puede observar la presencia de poros superficiales, característicos de este material, dado que posee un alto grado de hinchamiento en estado natural. La forma y bordes son irregulares y tienen amplia distribución de tamaño, comenzando a hacerse notorias las diferencias en el tamaño y cantidad de poros superficiales, lo cual denota que se ha formado el óxido metálico en la montmorillonita como consecuencia de la Pilarización y el tratamiento térmico.

Se tomaron fotografías a 100  $\mu\text{m}$  de escala, las que se observan en la Figura 2. En la Fig. 2.a. el tamaño de grano es de 330  $\mu\text{m}$ , y se observa superficie irregular, con porosidades sectorizadas, con forma ovalada y bordes redondeados. En tanto que en la Fig. 2.b. se observa una partícula de tamaño equivalente a 310  $\mu\text{m}$ . Esta última presenta una superficie totalmente porosa, lo cual garantiza una mayor área superficial.



**Fig.2.a.** Microestructura Muestra



**Fig.2.b.** Microestructura Muestra

## 5. Conclusiones

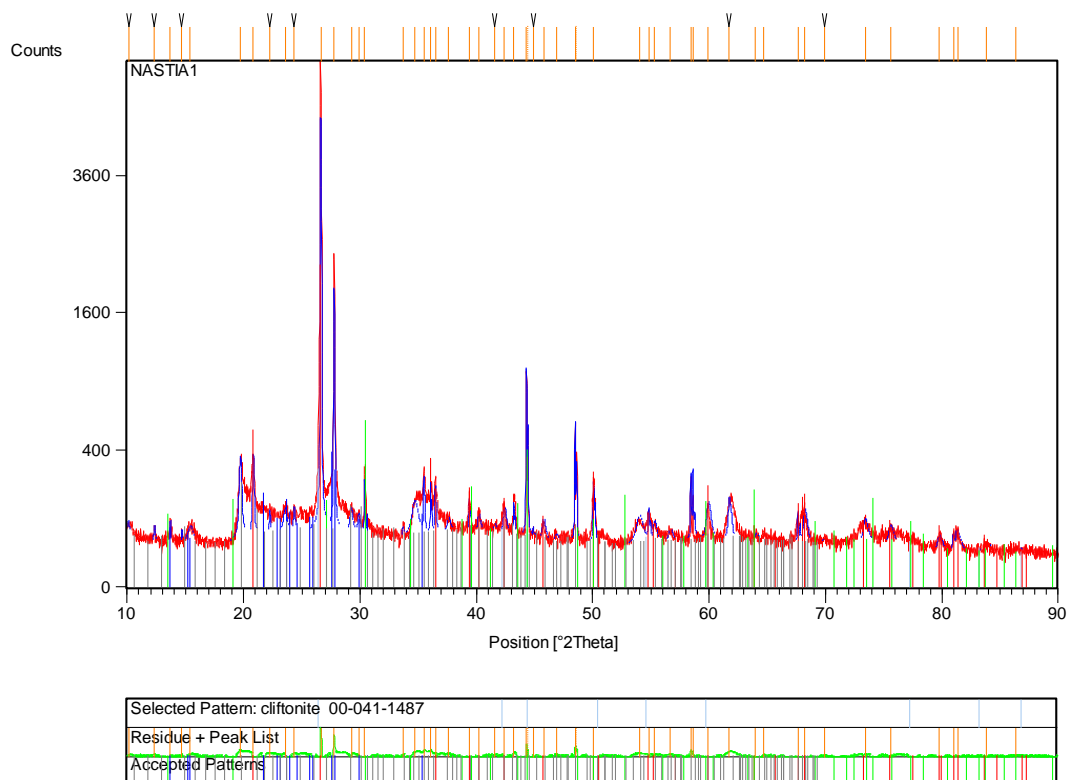
Como conclusión, se puede decir que la remoción de carbonatos en la etapa de purificación fue exitosa, comparando la composición de la bentonita natural y la Muestra N°1. La Muestra N°2 no fue tratada en la etapa de eliminación de sólidos solubles ni de remoción de carbonatos, es por ello que su composición es variada, y el catión de aluminio no formó pilares interlaminares por la presencia de impurezas, que generaron reacciones competitivas. Se concluye que para realizar una eficaz pilarización, se debe purificar la muestra para favorecer la formación del ión keggin entre las láminas de la estructura característica de la bentonita.

Se redujeron pérdidas a partir de disminuir los volúmenes de trabajo, en las Muestras N°1 y 2, se operó con 2 l, y se perdieron el 12% y 15% de matriz sólida; y con la Muestra N°3 se trabajó con 1 l de solución y se perdió el 5%. El resultado óptimo se logró con menor volumen de trabajo, empleando menor tiempo durante los lavados; pero comparando las Muestras N°1 y 2 en igualdad de condición de capacidad, se registran mayores pérdidas en la segunda, debido a que la arcilla impura contiene micropartículas (forman suspensiones muy estables) y sales solubles que durante la pilarización y lavados se pierden en la solución.

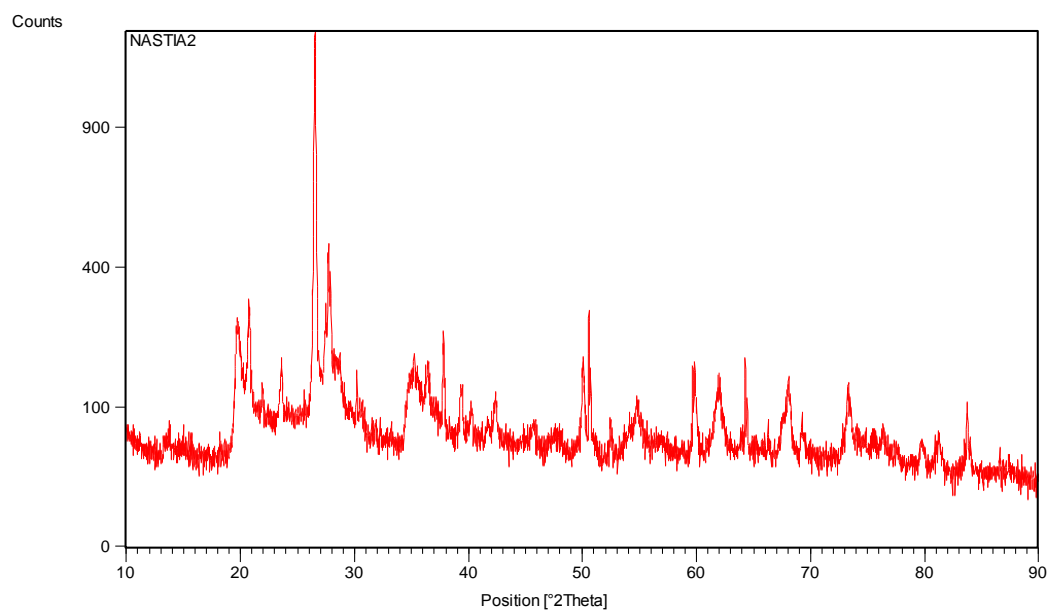
De acuerdo a microfotografías SEM, se pudo observar la formación de superficie totalmente porosa con aumento de cantidad y tamaño de intersticios, confirmando la formación de pilares. Las imágenes demuestran que los pasos de clasificación granulométrica y purificación son determinantes para trabajar con tamaños de partículas homogéneas.

Se determinaron áreas específicas con diferentes rendimientos de acuerdo a los procesos (Muestra N°1: 23%, Muestra N°2: 21% y Muestra N°3: 24,49%). El más eficiente fue el realizado sobre la última arcilla, lo que confirma que el tratamiento térmico con microondas favoreció la formación de los pilares interlaminares, la disminución de la densidad debido al aumento de distancia entre láminas determinado por la altura del pilar y homogeneidad de tamaño de partículas, resultante del tratamiento térmico alternativo de microondas generado por la polarización y reordenamiento de las moléculas. Según Muestra N°1 vs. N°2, se verifica, que la intercalación del ion metálico, se asegura en bentonitas purificadas.

Según difractogramas, los pilares se formaron en las tres muestras. La primera bentonita, tiene un marcado desplazamiento del primer pico hacia la izquierda, indicador de una buena conformación de los pilares. En la segunda, es menor la distancia de desplazamiento como así también la altura del mismo, lo que sugiere que la pilarización no fue alcanzada en la totalidad de las partículas debido a las impurezas presentes en la muestra. La última, presentó desplazamiento de  $0,5^\circ$  en  $2\theta$ , indicando también la formación del pilar y el aumento basal con consecuente aumento de la distancia interlaminar (Figura N°4).



**Fig. N°3 – Difractograma Arcilla natural vs Muestra**



**Fig. N°4 – Difractograma Arcilla Pilarizada**

## **Bibliografía**

- Bravo, N. Tesis: “Utilización de adsorbentes para la eliminación de contaminantes en aguas y efluentes líquidos”. Universidad de Belgrano
- Barrenetxea, C.; Serrano A.; Gonzalez, M.; Rodríguez, F.; Alfayate, J. (2004). Contaminación Ambiental. Ed. Thomson.
- Carcedo F. (1991). Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Duarte, M. (1999) T.C.L.P. “Toxicity Characteristic Leaching Procedure” U.N del Sur .
- Duffus J. H. (1983). Toxicología Ambiental. Ed. Omega
- Estevez S. J.; Andrade M. L.; Marcet P.; Montero Vilarino M. J.; Vazquez Araujo J. J. Adsorción de Zn y Cd en diferentes suelos. Dep. Biología Vegetal y Ciencia del Suelo.Univ.de Vigo. Ap. 874. 36200 Vigo. España.
- García-Jiménez, D.; Oré-Núñez, E.; Fuentes-López W.; Vicente, M.A.; Gil, A. Aprovechamiento del cromo presente en efluentes líquidos contaminados procedentes del curtido de pieles como agente de intercalación de bentonitas.
- Hebert F. Lund. (1996). Manual Mc. Graw Hill de Reciclaje Vol I
- Hebert F. Lund, (1996). Manual Mc. Graw Hill de Reciclaje Vol II
- Moreno Grau, D. (2003). Toxicología Ambiental. Ed. Mc Graw Hill.
- Moriart Y. F. (1985). Ecotoxicología: El estudio de los contaminantes en ecosistemas. Ed. Academia.
- Organización Panamericana de la Salud. (1979). Criterios de Salud Ambiental.

## **25TCQ - OPTIMIZACIÓN DE REDES MULTISERVICIO UTILIZANDO META HEURÍSTICAS**

**CRUZ, I.; CARNERO, M.; HERNANDEZ, J.**

**Grupo de Optimización, Departamento de Ciencias Básicas  
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.  
[icruz@ing.unrc.edu.ar](mailto:icruz@ing.unrc.edu.ar)**

### **Resumen**

Las tareas de monitoreo, control, automatización y optimización en plantas industriales en particular y en casi todo proceso, en general, lleva consigo tareas de comunicación que resultan de suma importancia para tener, en el tiempo y lugar correctos, la información necesaria para la realización de una acción determinada. El funcionamiento óptimo de las redes de datos asociadas, es un punto importante a tener en cuenta al momento de evaluar la disponibilidad de la información. Ésta actualmente admite diferentes tipos de datos a transmitir y da lugar a las redes multiservicios, cuya optimización generalmente lleva a resolver problemas de tipo combinatorios con enormes dimensiones en los espacios de búsqueda.

Las técnicas heurísticas, aplicadas a la resolución de este tipo de problemas, han demostrado poseer un buen desempeño obteniendo buenas soluciones en tiempos aceptables.

En este trabajo se propone una heurística basada en algoritmos de estimación de distribuciones para resolver un problema de optimización de tráfico en redes multiservicios.

### **1. Introducción**

La injerencia de las redes de datos en la industria ha crecido de manera muy importante en los últimos años. Los desarrollos pensados en el ámbito de las redes de comunicaciones han permitido diferentes aplicaciones e integraciones en los procesos industriales. Las tareas de control, monitoreo y automatización en el dominio industrial son directamente afectados por la eficiencia de los protocolos de comunicaciones implementados. La optimización del tráfico de las redes IP impacta positivamente sobre las tareas mencionadas.

Las nuevas tecnologías aplicadas a las redes de datos permiten el transporte de un volumen de información cada vez mayor. Esto trae aparejado, como consecuencia, nuevos requerimientos y desafíos para realizar dicho transporte de manera eficiente y teniendo en cuenta el tipo de tráfico involucrado. Existen aplicaciones que requieren, no solo un ancho de banda determinado, sino además que éste se mantenga garantizado durante todo el servicio. Estos requerimientos de Calidad de Servicio pueden hacer que los recursos de la red no estén utilizados de manera óptima, en términos de velocidad y ancho de banda. Además, los diferentes tipos de tráfico involucrados determinan modelos de tráfico alternativos que deben ser considerados. La tecnología de Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas (Multiprotocol Label Switching, MPLS) permite la existencia de nuevos servicios en redes IP y hace más efectivo el enrutamiento al admitir el trabajo con Calidad de Servicio.

Utilizando un concepto análogo al de sistema autónomo, una red MPLS puede definirse como un grupo de enrutadores interconectados controlados y gerenciados por una administración. Esta arquitectura distingue además dos zonas: núcleo y borde. El núcleo consiste en el conjunto de nodos vecinos con capacidades MPLS solamente, mientras que la zona de borde

está conformada por los enrutadores que reciben el paquete IP desde otras redes no necesariamente MPLS y lo envían, etiquetado, al núcleo.

Existen dos tipos de diseño de esquemas posible para realizar un planeamiento óptimo de una red MPLS: en línea y fuera de línea. La ventaja del diseño fuera de línea es que es posible planificar una red global óptima. Se han reportado trabajos en ambos tipos de diseño. En Sarsembagieva, (2012) se utiliza un método de planificación de rutas con la posibilidad de uso en línea y con resultados satisfactorios. Para el caso de planeamientos óptimos fuera de línea han sido utilizados algoritmos evolutivos como motores de optimización para alojar ancho de banda en una red MPLS, (Sylwester, 2008). Lemeshko, (2011) ha propuesto un modelo matemático para la administración del tráfico en una red MPLS con ingeniería de tráfico permitiendo la escalabilidad de las soluciones a través de un método predictivo.

Cada uno de los enlaces que conforman una red de comunicaciones tiene asociada una capacidad de transporte de la información. Por otra parte, como se mencionado anteriormente, la red está sujeta a solicitudes de transporte de tráfico con determinados requerimientos que conforman la demanda a dicha red. El problema, entonces, es minimizar el costo de ruteo respetando las restricciones de satisfacción de demanda y de capacidad de enlace.

En este trabajo se presenta un algoritmo de estimación de distribuciones para resolver el problema de multicamino restringido de mínimo costo en redes MPLS. El objetivo es minimizar el costo de ruteo, respetando las restricciones de satisfacción de demanda y de capacidad de enlace.

## 2. Descripción del problema

Se considera la topología de una red MPLS modelada mediante un grafo  $G=(V, E)$  donde  $V$  es el conjunto de  $n$  nodos que representan los enrutadores en la red mientras que  $E$  es el conjunto de los  $m$  enlaces entre nodos de  $G$ . Cada enlace  $e \in E$  tiene un costo  $c_e$  y una capacidad  $u_e$  asociados. Además, sobre cada enlace se especifica una demanda, medida en unidades/segundo, que es un parámetro de diseño.

Un requerimiento o solicitud de tráfico consta de una terna formada por los nodos origen y extremo de un posible camino asociado a la demanda especificada. Así la solicitud  $t=(S_t, D_t, d_t)$  significa que es necesario transportar  $d_t$  unidades/segundo entre los nodos  $S_t$  y  $D_t$ , los cuales no son necesariamente vecinos. En otras palabras entre ambos nodos existe al menos un camino de uno o más enlaces. El conjunto de los caminos entre  $S_t$  y  $D_t$  se denomina  $P_t$ . La figura 1 muestra un ejemplo de requerimiento entre un origen  $S_t$  y un destino  $D_t$ . Se han identificado dos caminos posibles para el flujo entre los nodos extremos. El primero, identificado como  $p^1$  atraviesa los enlaces  $u_1, u_2, u_4$  y  $u_5$ . Otro camino, de menor número de saltos, está identificado como  $p^2$  y utiliza los enlaces  $u_1, u_3$ , y  $u_5$ . En este ejemplo el conjunto de los caminos para el requerimiento  $t=(S_t, D_t, d_t)$  es  $P_t=\{p^1, p^2\}$  y  $|P_t|=L_t$ .

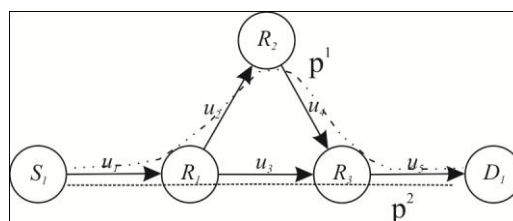


Figura 1: Dos caminos posibles para un requerimiento de tráfico

Si se considera la variable binaria  $a_{t,e}^l$  cuyo valor en 1 corresponde al caso en que el camino  $l$  de la solicitud  $t$  use el enlace  $e$  (y 0 en caso contrario), se puede calcular el costo total del camino  $l$  para la solicitud  $t$  como:

$$c_t^l = \sum_{e \in E} c_e \cdot a_{t,e}^l \quad (1)$$

Sea  $x_t^l$  el monto de tráfico que se enruta por el camino  $l$ . La demanda, en cada camino, debe ser satisfecha. En otras palabras debe cumplirse

$$\sum_{l=1}^{L_t} x_t^l = d_t \quad \forall t \in T \quad (2)$$

Donde  $L_t$  es el número de caminos del conjunto  $P_t$ . El costo total está dado por:

$$z = \sum_{t \in T} \sum_{l=1}^{L_t} c_t^l \cdot x_t^l \quad (3)$$

Por lo tanto, la formulación matemática del problema es la siguiente:

$$\min z \quad (4)$$

s.a.

$$\sum_{l=1}^{L_t} x_t^l = d_t \quad (5)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{l=1}^{L_t} x_t^l \cdot a_{t,e}^l \leq c_e \quad (6)$$

La restricción de la ecuación 5 exige el cumplimiento de la satisfacción de demanda mientras que la ecuación 6 especifica la restricción de capacidad de enlace. Es decir que la suma de los flujos asignados a cada uno de los enlaces de la red, no supere la capacidad del mismo.

Ante una solicitud de tráfico, una solución considera la descomposición del ancho de banda requerido en caminos posibles dentro del conjunto  $P_t$ . Cada demanda representa un requerimiento, por lo tanto, la cantidad de solicitudes es igual a la cantidad de elementos no nulos en una matriz **D** que especifique la demanda en cada enlace. Cada solicitud estará considerada en una parte de la solución o gen (término extraído de propuestas de solución con algoritmos genéticos). Una propuesta de solución, entonces, consiste en un conjunto de vectores, en general de diferente longitud, que representan los caminos alternativos para transportar el tráfico demandado. La demanda, por lo tanto, se divide entre los caminos alternativos elegidos.

Considérese el ejemplo de la figura 2. En ella se presenta una red cuya matriz de adyacencia es **A** y cuya matriz de demanda es **D**. Por lo anteriormente dicho, existen tres solicitudes de tráfico en los enlaces (1,2) (1,4) y (2,3). De 10 u/seg, 20 u/seg y 10 u/seg respectivamente. Utilizando la nomenclatura ya definida, el conjunto de solicitudes es  $T=\{t_1, t_2, t_3\}$  con  $t_1=(1,2,10)$ ,  $t_2=(1,4,20)$  y  $t_3=(2,3,10)$ .

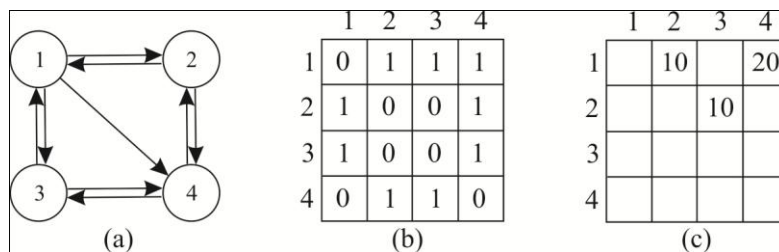




Figura 2: (a) Una red de ejemplo (b) Matriz de adyacencia (c) Matriz de Demanda

Tomando el primer requerimiento, se debe transportar un flujo de 10 u/seg entre los nodos 1 y 2. Los caminos posibles entre los nodos son:  $p_1^1 = \{(1,2)\}$  y  $p_1^2 = \{(1,3) (3,4) (4,2)\}$  y  $p_1^3 = \{(1,4) (4,2)\}$ . Entonces, una propuesta para este gen, puede ser descomponer el flujo de 10 u/seg en dos caminos de 5 u/seg. En otras palabras, la mitad del flujo pasará por el enlace (1,2) y la otra mitad por los enlaces (1,3) (3,4) y (4,2). La propuesta para este requerimiento se representa mediante un vector de longitud  $L_t$  donde cada componente indica el flujo asignado a cada camino en  $P_t$ . En este ejemplo, el vector será  $x_{t1} = [x_{t1}^1 \ x_{t1}^2 \ x_{t1}^3] = [5 \ 5 \ 0]$ . Nótese que se cumple la restricción de demanda para esta distribución.

Trabajando de manera similar para los otros requerimientos de tráfico que conformarán los genes restantes en la solución. Así el segundo requerimiento,  $t_2 = (2,3,20)$ , pueden identificarse los caminos  $p_2^1 = \{(2,1) (1,3)\}$ ,  $p_2^2 = \{(2,1) (1,4) (4,3)\}$  y  $p_2^3 = \{(2,4) (4,3)\}$  y en el tercer y último requerimiento,  $t_3 = (1,4,20)$  los caminos posibles son  $p_3^1 = \{(1,2) (2,4)\}$ ,  $p_3^2 = \{(1,3) (3,4)\}$  y  $p_3^3 = \{(1,4)\}$

Una solución estará representada por un conjunto de vectores: uno por cada uno de los requerimientos de tráfico que se hallan explicitados en la matriz de demanda. Si se considera que el conjunto de requerimientos  $T$  tiene una cardinalidad igual a  $r$ , entonces la solución es un conjunto de  $r$  de vectores de dimensión  $L_{t_i}$ ,  $\forall i = 1:r$ . La figura 3 muestra la estructura utilizada.

$$\mathbf{x} = [(x_{t_1}^1, x_{t_1}^2, \dots, x_{t_1}^{L_{t_1}}) (x_{t_2}^1, x_{t_2}^2, \dots, x_{t_2}^{L_{t_2}}) \dots (x_{t_r}^1, x_{t_r}^2, \dots, x_{t_r}^{L_{t_r}})]$$

Figura 3: Esquema de representación de una solución

### 3. Algoritmos de Estimación de Distribuciones

Los algoritmos de estimación de distribuciones (AED) constituyen un conjunto de métodos englobados dentro del paradigma de computación evolutiva y que comparten características de los algoritmos evolutivos pero donde las soluciones potenciales al problema que conforman la población son consideradas como realizaciones de una variable aleatoria multidimensional. Ellos sustituyen los operadores clásicos de cruzamiento y mutación, por una estimación de la distribución de probabilidades subyacente de la población de soluciones potenciales y un posterior muestreo de la misma.

En este contexto, una propuesta de solución  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  puede ser considerada como un conjunto de  $n$  variables aleatorias independientes entre sí, donde cada  $X_i$  representa una variable aleatoria de tipo discreto que puede asumir un conjunto finito de valores. La distribución de probabilidades asociada a cada variable, esto es  $P(X_i = x_i) = p(x_i) = x_i$ , puede ser inferida a partir de la población actual y utilizada para generar, por muestreo, la población siguiente. A diferencia de los algoritmos evolutivos clásicos (AE), donde los operadores específicos utilizan la información de los individuos de la población para guiar la búsqueda, en un AED se lleva a cabo el proceso de optimización a través de la construcción y evolución de un modelo probabilístico del espacio de soluciones.

Las soluciones potenciales son evaluadas a través de la función objetivo y, realizando un proceso de selección de la o las mejores, se utiliza la información obtenida para actualizar el modelo probabilístico a partir del cual se muestrea la siguiente población. A continuación se muestra el esquema general funcionamiento para un AED, mediante el pseudocódigo correspondiente.

#### **4. Descripción del algoritmo propuesto**

En esta sección se describe los componentes fundamentales de la metodología de solución propuesta, la cual supone que la distribución conjunta del vector aleatorio  $\mathbf{X}$  puede ser factorizada como el producto de las distribuciones marginales asociada a cada uno de las componentes de  $\mathbf{X}$ .

El procedimiento comienza mediante la generación de una población inicial a través de un mecanismo de siembra que considera las restricciones de demanda a satisfacer para cada requerimiento. Para cada requerimiento, se consideran cada uno de los caminos alternativos por separado considerando las variables aleatorias en el mismo como independientes salvo la última. De esta manera es posible el cálculo de la misma de tal manera de asegurar el cumplimiento de la restricción de demanda. Por ejemplo si se tiene en cuenta el primer camino en la solución de la figura 3  $(x_{t1}^1, x_{t1}^2, \dots, x_{t1}^{L_{t1}})$  se tienen  $L_{t1}-1$  variables aleatorias independientes entre sí. Cada una de estas variables aleatorias tiene asociada, en principio, una distribución uniforme discreta de parámetros diferentes. El número de valores que puede asumir cada una de estas variables está determinado por el valor mínimo entre la capacidad disponible en los enlaces que utiliza el camino y la demanda no satisfecha. De esta manera, el cumplimiento de la restricción de demanda está garantizado mientras que la restricción de capacidad puede ser incumplida al realizar la última asignación de manera determinística.

A cada uno de los  $M$  individuos generados se les calcula la función de aptitud. Una solución no factible será penalizada en función del grado de violación de la restricción.

Posteriormente se produce una selección de los mejores individuos de la población con los cuales se construye el modelo probabilístico a partir de la distribución de frecuencia para cada gen de los individuos de la población seleccionada

Con este modelo se genera una nueva población de  $M$  individuos mediante muestreo, el cual debe considerar la construcción de soluciones asegurando la factibilidad desde el punto de

$g \leftarrow 0$ . Generar  $M$  individuos pseudoaleatoriamente garantizando cumplimiento de la restricción de capacidad.

**repetir**

*Calcular el fitness de cada individuo*

*Seleccionar un conjunto  $D_g^S$  de  $N \leq M$  puntos*

*Estimar un modelo probabilístico para  $D_g$*

*Generar  $M$  nuevos individuos mediante muestreo desde la distribución estimada*

$g \leftarrow g + 1$

**hasta** que el criterio de terminación se alcance.

vista del cumplimiento de la restricción de satisfacción de la demanda. Esta nueva población es tomada nuevamente para repetir el ciclo de evolución hasta que se cumple algún criterio de detención. La figura 4 muestra el pseudocódigo del algoritmo propuesto.

Figura 4: Pseudocódigo para un AED

## 5. Resultados

Para probar la estrategia implementada se utilizó la red correspondiente al ejemplo de la figura 2 el cual involucra 4 nodos, 12 enlaces con un costo unitario y una capacidad de 15 u/seg en todos los enlaces. Se utilizó como criterio de detención un número máximo de iteraciones, fijado en 20 y una población de 30 individuos. Los resultados han sido comparados con valores obtenidos por otros métodos (Cruz et al, 2013) e incluso con búsqueda exhaustiva, válida en este caso por el tamaño de la instancia.

La mejor solución encontrada tiene un costo de 55 unidades y corresponde a la estructura de vectores:  $\mathbf{x}^* = [(10\ 0\ 0)(10\ 0\ 0)(4\ 1\ 1\ 5)]$ .

El primer experimento, caso 1, se realizó para una población generada como se ha descrito en la sección 4. Se realizaron 100 ejecuciones del algoritmo para observar el comportamiento de la heurística. La figura 5 muestra los valores medios de la función objetivo, ordenados, correspondientes a la primera y última iteración.

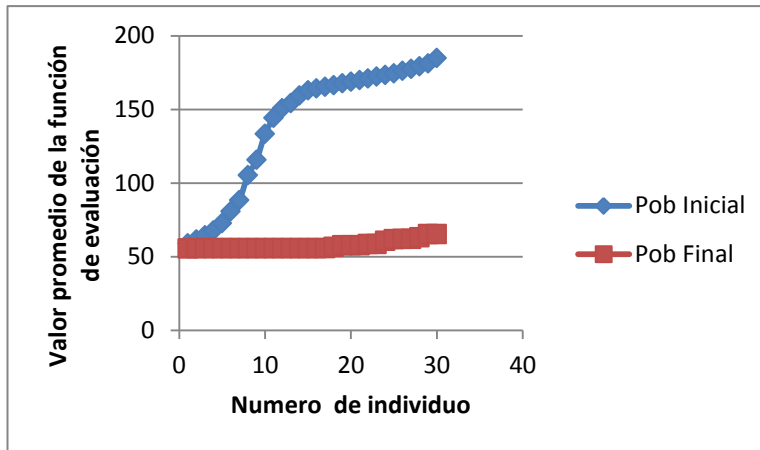


Figura 5: Convergencia del Algoritmo para una población inicial con algunas soluciones factibles

Un segundo experimento, caso 2, consistió en generar la población inicial conformada exclusivamente con soluciones no factibles. La figura 6 muestra los valores promedio en este caso.

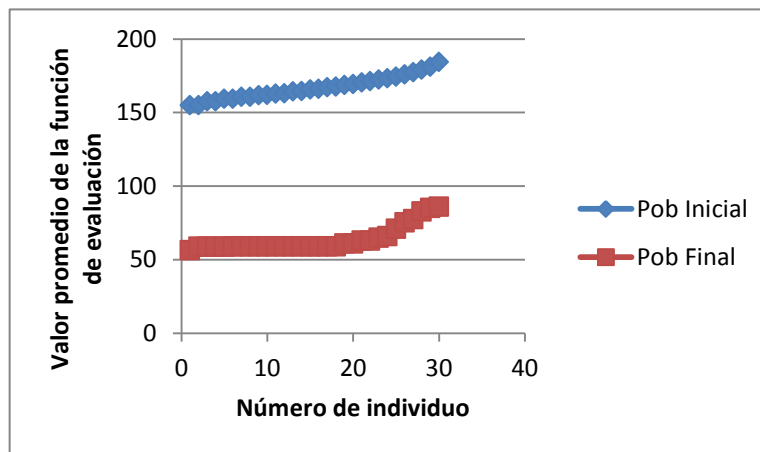


Figura 6: Convergencia del Algoritmo para una población inicial NO factible

La tabla 1 muestra los estadísticos sobre los experimentos realizados en uno y otro caso. Puede apreciarse que el desvío estándar en términos del valor de la función objetivo es pequeño lo que evidencia una buena repetitividad del mejor valor encontrado. Por otra parte la no factibilidad de la solución inicial no ha sido un factor determinante de la convergencia. Esto se debe al proceso de muestreo, el cual, como se describió, permite la generación de soluciones factibles desde el punto de vista de la demanda.

Caso	Valor mínimo	Media	Desvío	CV(%)
1	55	55.52	1.46	2.63
2	55	56.36	2.17	3.85

Tabla 1: Estadísticos sobre 100 experiencias

## 5. Conclusiones

Se ha presentado, en este trabajo, un algoritmo para la resolución de un problema de optimización combinatorio relacionado con la minimización del costo de caminos múltiples en una red de datos multiservicio. La estrategia está basada en un algoritmo de estimación de distribuciones y permite la obtención de buenas soluciones para el ejemplo propuesto. Además, se ha probado la robustez del método sometiénolo a la resolución de un problema con malas condiciones iniciales cual es el sembrado de una población con todas sus soluciones no factibles. El algoritmo reacciona favorablemente y, si bien se observa un incremento del coeficiente de variación porcentual, el valor óptimo es hallado y el valor medio sobre los 100 experimentos no se ha incrementado significativamente en relación con el primer caso analizado en el cual la población inicial es generada más cuidadosamente garantizando factibilidad respecto de la restricción de la demanda. La aplicación a ejemplos de mayor escala, permitirá ajustar los procedimientos y mediante la incorporación de estrategias que permitan la implementación de aspectos de intensificación y diversificación al método, se logrará una solución de calidad con un costo computacional menor.

## 6. Bibliografía

- Cruz, I; Carossio, C.; Carnero, M.; Hernandez, J., Optimización de ruteo en redes DE conmutación de etiquetas multiprotocolo. XX Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, Mendoza. Argentina. 2013
- Lemeshko, O.V.; Hailan, A.M.; Starkova, O.V., Multi-level traffic management in the MPLS-TE DiffServ network, CAD Systems in Microelectronics (CADSM), 11th International Conference The Experience of Designing and Application of , pp.118-120, 2011.
- Sarsembagieva, K.; Gardikis, G.; Xilouris, G.; Kourtis, A., A fast route planning algorithm for MPLS-TE, Telecommunications and Multimedia (TEMU), 2012 International Conference on , pp.142-146, 2012.
- Sylwester, K.; Adam, K., Evolutionary algorithms in MPLS network designing, Information Technology. IT 2008. 1st International Conference on , vol.1, no.4, pp. 18-21, 2008

## 26TCQ - CÓMPUTO RIGUROSO DEL EQUILIBRIO ENTRE FASES DE MEZCLAS TERNARIAS

PISONI, G. O.<sup>1,2,3</sup>; CISMONTI, M.<sup>2</sup>; CARDOZO-FILHO, L. 1; and ZABALOY M. S.<sup>3</sup>

<sup>\*</sup>  
<sup>(1)</sup>Departamento de Engenharia Química/Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 Maringá, PR, Brasil.

<sup>(2)</sup>IDTQ- Grupo Vinculado PLAPIQUI – CONICET.

<sup>(3)</sup>Planta Piloto de Ing. Química - Departamento de Ingeniería Química, UNS, CONICET CC 717 - 8000 Bahía Blanca, Argentina.

<sup>\*</sup>marcelo.santiago.zabaloy@gmail.com

### Resumen

El cómputo apropiado del equilibrio entre fases es en general de interés en la simulación y optimización de procesos de separación. En el presente trabajo se estudia el cálculo, en un amplio rango de presión, del equilibrio entre fases de un sistema ternario representativo de mezclas de comportamiento altamente no ideal. El problema se ataca computando, como paso inicial, objetos termodinámicos de naturaleza relativamente abstracta, los cuales proveen información clave para cálculos posteriores de interés práctico. Se presentan resultados que muestran que modelos simples pueden conducir a comportamientos de fases muy complejos.

### 1. Introducción

La Ref. [1] describe un enfoque para el cómputo de diagramas de fases binarios Txy y Pxy utilizando, como punto de partida, información sobre líneas univariantes computadas previamente, es decir, sobre líneas críticas y líneas de equilibrio trifásico, y líneas de equilibrio líquido-vapor de compuestos puros. A partir de tales líneas se obtienen puntos clave relevantes para la temperatura (o presión) especificada. Tales puntos son puntos terminales de la envolvente de fases isotérmica (o isobárica), o de partes de ella. En tal enfoque [1], se minimiza el uso de tests de estabilidad termodinámica. En este trabajo se define una metodología análoga a la de la Ref. [1] y se la aplica al caso de sistemas ternarios mantenidos a temperatura constante [isoterma ternaria (IT)]. Primeramente se obtiene un conjunto de puntos clave, y luego se computan líneas apropiadas de equilibrio isotérmico entre fases.

### 2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es definir una metodología de cómputo del equilibrio entre fases fluidas de sistemas ternarios, análoga a la de sistemas binarios de la Ref. [1], y evaluar su desempeño considerando, como caso de estudio, el equilibrio isotérmico de un sistema ternario que presenta un comportamiento de fases particularmente complejo.

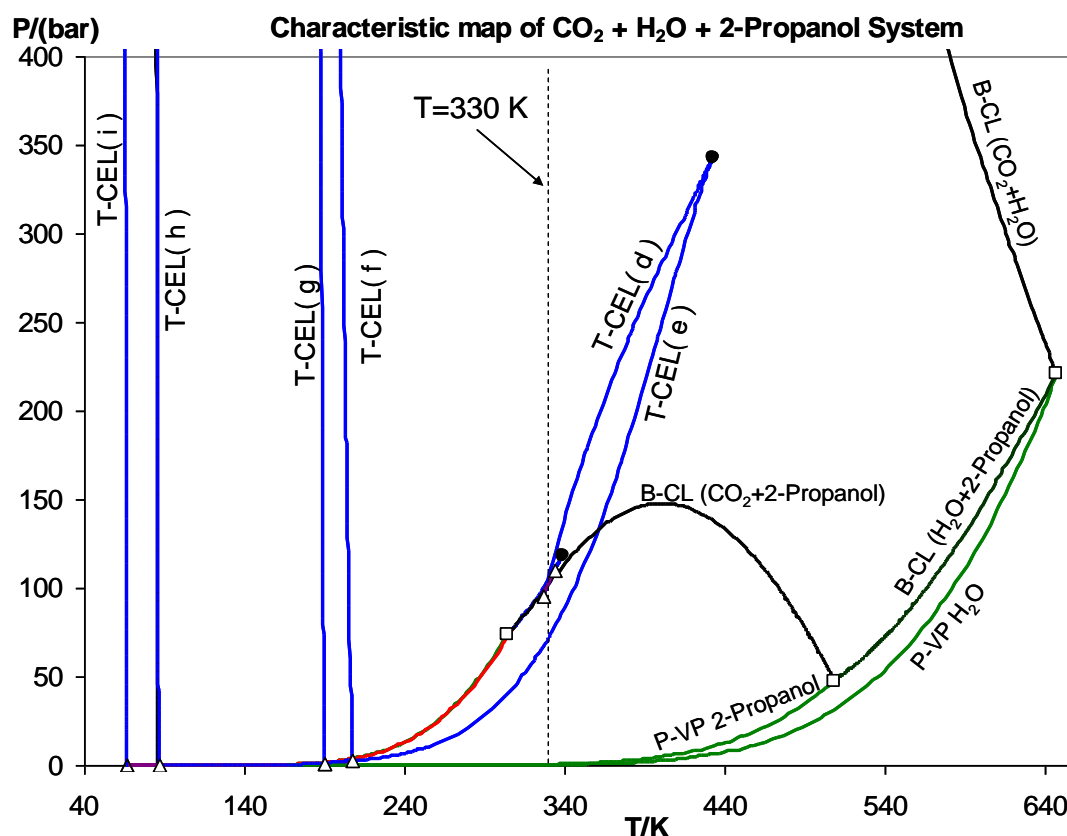
### 3. Metodología

Una IT es un conjunto de objetos ternarios de equilibrio entre fases cuyas variables tienen valores que quedan definidos una vez que se especifica la temperatura y alguna otra variable intensiva (p. ej. la presión). Claramente, tales objetos son divariantes. Así, y por ejemplo, un equilibrio ternario bifásico no contribuirá a una IT porque requiere, según la regla de las fases, tres especificaciones en lugar de dos. Para obtener puntos clave de una IT, el Mapa característico del comportamiento de fases del sistema ternario (T-CM) [2, 3] debe ser conocido. La Ref. [2] presenta una metodología para computar T-CMs. Ejemplos de líneas ternarias univariantes (T-ULs), las cuales son las unidades constitutivas de los T-CMs, son las líneas críticas terminales ternarias (T-CEs) y las líneas de equilibrio tetrafásico ternario (T-4PLs).

Los puntos clave de una IT se encuentran buscando en una T-UL (y también en líneas univariantes binarias y de compuestos puros) los puntos de temperatura igual a la que define a la IT, es decir, intersectando, una línea (o plano) de temperatura constante, con todas las líneas univariantes del previamente computado T-CM. Se enfatiza que, una vez que se especifica la temperatura de la IT, quedan definidos los puntos clave. Los puntos clave (a partir de los cuales es posible iniciar el cómputo de las líneas, o hiper-líneas, que constituyen la IT) son, por ejemplo, puntos críticos binarios (B-CPs), puntos críticos terminales ternarios (T-CEPs) y puntos ternarios tetrafásicos (T-4PPs). Eventualmente, la IT puede también contener puntos invariantes, como por ejemplo un punto ternario tricrítico (T-TCP). Un punto clave ya computado se utiliza para producir un primer punto convergido de una dada línea, la cual podría ser una línea ternaria trifásica (T-3PL), una línea crítica ternaria (T-CL), etc. Luego la línea se computa utilizando un método de continuación numérica [2]. Una línea puede estar limitada por dos puntos terminales, o puede tener sólo un punto terminal y extenderse indefinidamente hacia bajas o altas presiones.

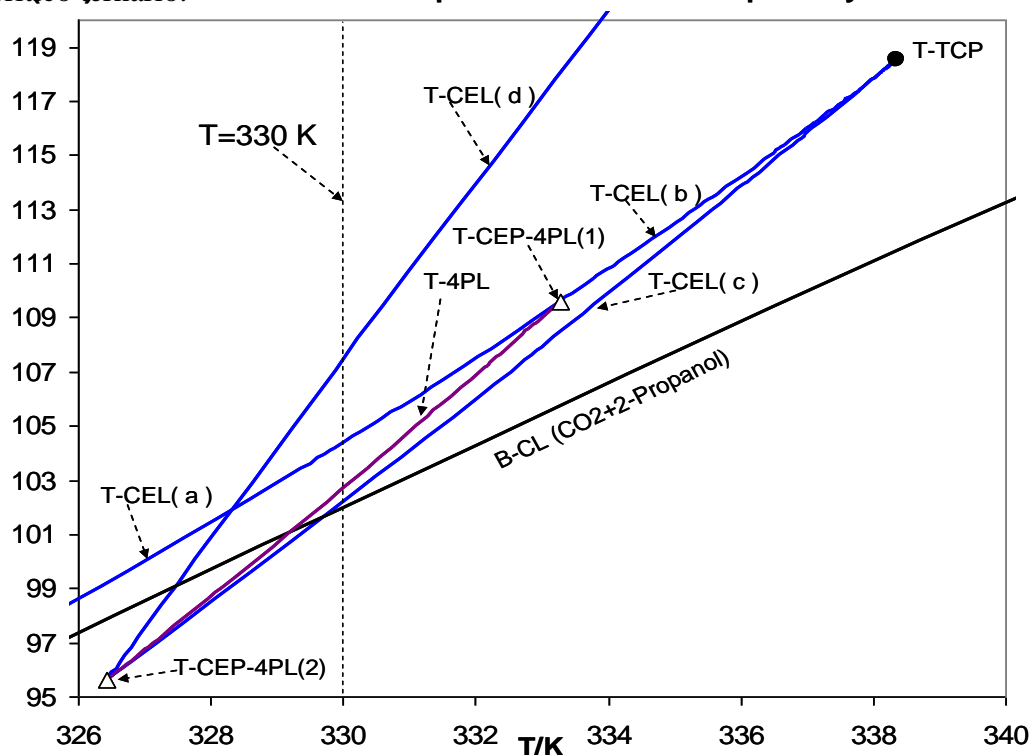
#### 4. Resultados y Discusión

La IT de 330 K fue calculada para el sistema  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{-propanol}$  usando el modelo de Soave-Redlich-Kwong con los valores de los parámetros de interacción informados en la Ref. [2]. Los puntos clave de la IT de 330 K se obtienen a partir del T-CM que se muestra en las Figuras 1 and 2. La línea vertical ubicada a  $T=330\text{ K}$  intersecta: las T-CEs (d), (a), (c) y (e); una T-4PL; y la línea crítica binaria (B-CL) del sistema  $\text{CO}_2 + 2\text{-Propanol}$ .



**Figura 1.** Proyección presión-temperatura del T-CM calculado para el sistema  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{-Propanol}$ . Adaptación de la Fig 12 de la Ref. [2].

**Figura 2.** Ampliación de la Figura 1. Adaptación de la Figura 14 de la Ref [2]. T-CEP-4PL: Punto crítico terminal de una línea de equilibrio tetrafásico ternario. T-TCP: Punto tríplice ternario. **Characteristic map of CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + 2-Propanol System**



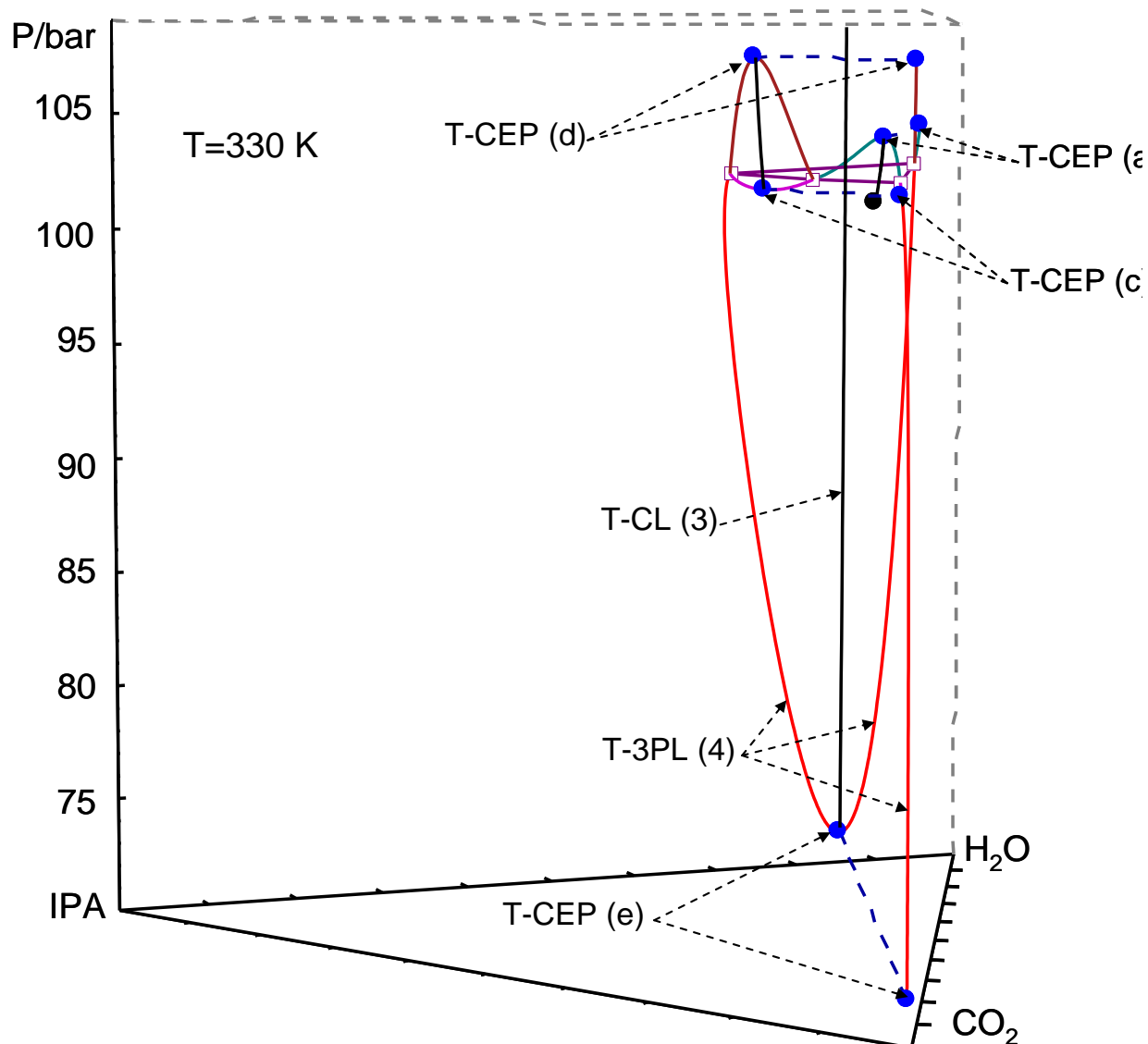
La base de cada uno de los prismas de las Figuras 3 y 4 es el triángulo de Gibbs. En el mismo se representan las fracciones molares de los componentes de una dada mezcla (o fase) ternaria. Un cuadrilátero dentro del triángulo de Gibbs representa un equilibrio entre cuatro fases (T-4PP). Un triángulo dentro del triángulo de Gibbs es un equilibrio trifásico (T-3PP). En las Figuras 3 y 4 aparece un T-4PP como un cuadrilátero con vértices indicados con cuadrados vacíos.

Las Figuras 3 y 4 muestran todos los puntos clave identificados previamente en las Figuras 1 y 2. También muestran que en cada T-CEP [(d), (a), (c) and (e)] se origina una T-3PL. Notese que una T-3PL está constituida por tres ramas cuando se la contempla en proyecciones como las de las Figuras 3 y 4. Las cuatro T-3PLs terminan en el T-4PP. Dos de las T-3PLs existen a presiones mayores que la del T-4PP, y las otras dos a presiones menores. Esto se ve más claramente en la Fig. 4.

Nótese que al fijar un valor de presión se obtiene, de cada una de las ramas de una T-3PL, la composición de la fase correspondiente.

Los T-CEPs y el B-CP detectados deben necesariamente ser puntos terminales de cierto número de T-CLs. Se encontraron tres T-CLs. Las Figs. 3 y 4 muestran lo siguiente: (I) La T-CL(1) conecta al B-CP (CO<sub>2</sub>+IPA) con el T-CEP(a), (II) La T-CL(2) va desde el T-CEP(c) al T-CEP(d), y, finalmente, (III) La T-CL(3) se origina en el T-CEP(e) y se extiende indefinidamente hacia altas presiones (Fig. 3).

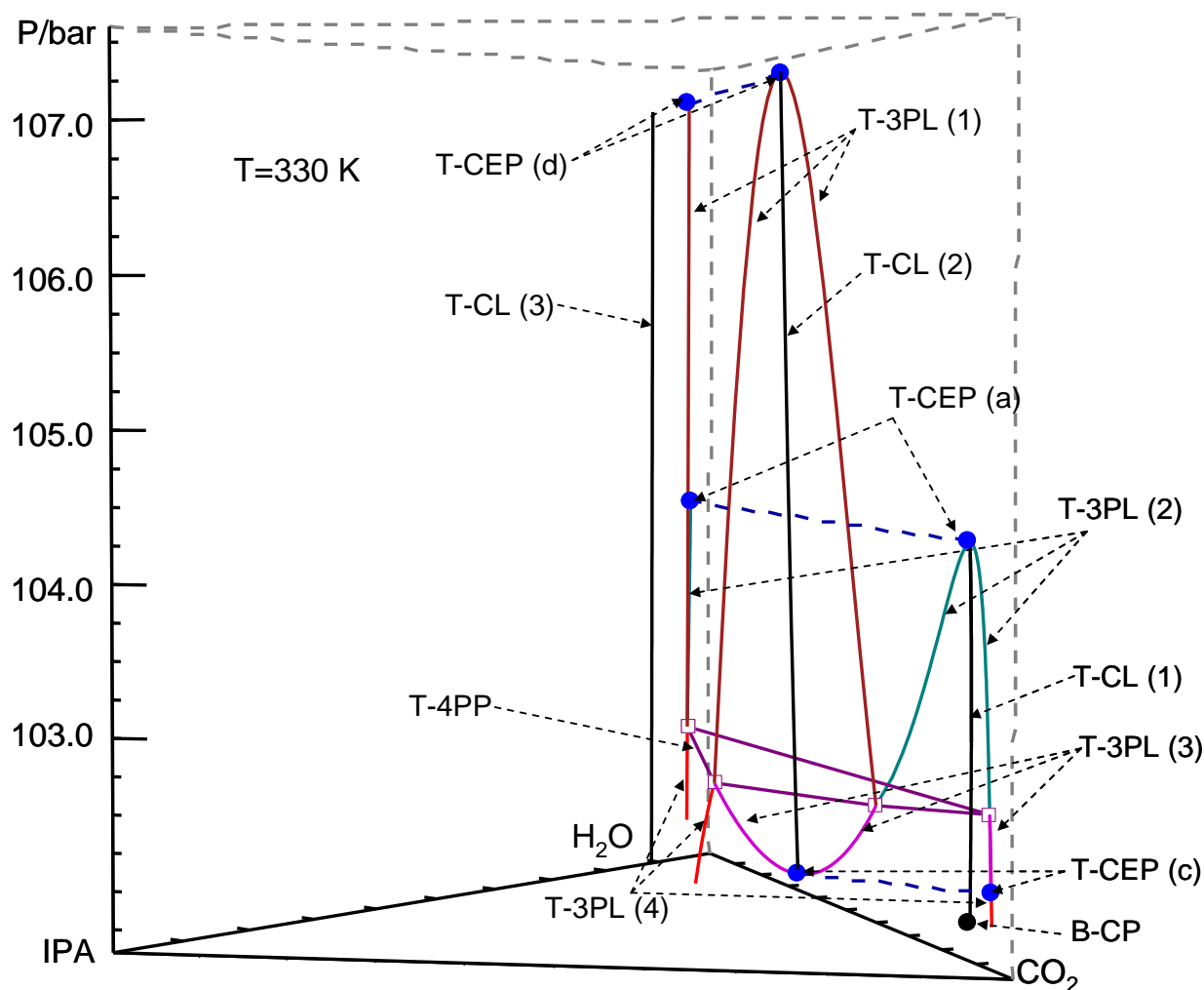




**Figura 3.** Isotherma de equilibrio entre fases fluidas computada a 330 K para el sistema  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{-Propanol}$ .

## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha mostrado, considerando un caso de estudio de gran complejidad, que la metodología de la Ref. [1] puede ser extendida al cálculo del equilibrio entre fases de sistemas ternarios.



**Figura 4.** Ampliación de la Figura 3.

## 6. Bibliografía

- [1] M. Cismondi, M. Michelsen. *Fluid Phase Equilibria* 259 (2007) 228–234.
- [2] G. Pisoni, M. Cismondi, L. Cardozo-Filho, M.S. Zabaloy. *Fluid Phase Equilib.*, 362 (2014) 213–226.
- [3] G. Pisoni, M. Cismondi, L. Cardozo-Filho, M.S. Zabaloy. *J. Supercrit. Fluids*, 89 (2014) 33–47.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a CONICET, UNS, ANPCyT (Arg.) y CAPES/CNPq (Brasil) por el apoyo financiero otorgado a este trabajo. G.O.P es actualmente becario posdoctoral de CNPq en la UEM (Brasil). Las estadias de M.S.Z en Brasil en los años 2013 (UEM), 2014 (UFPR), y 2015 (UNIT) han sido auspiciadas por CAPES/CNPq (programa CAPES/CNPq/PVE).

## 27TCQ - ANÁLISIS DIRECTO DE COMPLEJOS EQUILIBRIOS LÍQUIDO-VAPOR

RAMELLO, J. I.<sup>1</sup>; MILANESIO, J. M.<sup>1</sup>; PISONI, G. O.<sup>2</sup>; CISMONTI, M.<sup>1</sup>;  
ZABALOY, M. S.<sup>2\*</sup>

<sup>(1)</sup>IDTQ- Grupo Vinculado PLAPIQUI – CONICET.

<sup>(2)</sup>Planta Piloto de Ing. Química - Departamento de Ingeniería Química, UNS,  
CONICET CC 717 - 8000 Bahía Blanca, Argentina.

\* marcelo.santiago.zabaloy@gmail.com

### Resumen

El comportamiento doble retrógrado (DRB) en sistemas fluidos se da cuando, en un proceso de incremento de la presión en un rango suficientemente amplio (o bien de disminución de la temperatura) se incrementa la cantidad de vapor, observándose, tal fenómeno, en dos oportunidades durante el proceso de compresión (o de enfriamiento). El DRB es un comportamiento complejo el cual puede acarrear problemas operativos en unidades de separación que trabajan en condiciones de alta dilución, como sucede con frecuencia en tope y fondo de columnas de destilación. En este trabajo se propone una metodología que permite evaluar, en forma directa, si un dado modelo, considerado representativo del comportamiento de fases de un dado sistema binario, predice la existencia de DRB, y, en tal caso, en qué rangos de condiciones.

### 1. Introducción

Las mezclas binarias que son altamente asimétricas con respecto a la dimensión y/o forma de las moléculas y/o a las fuerzas intermoleculares atractivas, pueden presentar comportamiento doble retrógrado (DRB). El DRB ocurre en un estrecho rango de composición, cuando el componente pesado se encuentra altamente diluido en el liviano. Los datos experimentales sobre el DRB son escasos [2]. Este comportamiento fue experimentalmente identificado por primera vez por Chen et al. [1], para el sistema binario metano + n-butano. Raeissi and Peters [4] y Deiters [5], analizaron el DRB desde un punto de vista teórico recurriendo a la ecuación de Gibbs-Konowalow, la cual es una extensión de la ecuación de Clayperon al caso de mezclas multi-componente. Raeissi y Peters [3] describieron el DRB en el contexto de diagramas de fases o bien isotérmicos, o bien isopléticos, esto es, ellos consideraron el DRB a temperatura constante, y a composición constante.

Los modelos del tipo Ecuación de Estado (EoS) se utilizan típicamente para describir, en amplios rangos de condiciones, el equilibrio entre fases de mezclas asimétricas, incluyendo aquellas que presentan DRB. En la Ref. [3] los rangos de condiciones de existencia del DRB han sido estudiados, para sistemas binarios, computando conjuntos de diagramas de equilibrio entre fases, utilizando, para ello, cierta EoS.

En el presente trabajo se muestra que un único diagrama especial del equilibrio entre fases binario, computado en una única corrida, posibilita la determinación directa de los rangos de condiciones donde se presenta DRB (líquido-vapor), para el sistema binario considerado, dentro del universo de la EoS seleccionada para describir el comportamiento de fases de tal sistema. Así, el objetivo del presente trabajo es proponer tal metodología e ilustrar su aplicación.

La cricondenbar (CCB) es la máxima presión a la cual una mezcla de una dada composición (isopleta) puede ser heterogénea. Análogamente, la cricondenterm (CCT) es la máxima temperatura a la cual una mezcla de una dada composición puede ser heterogénea. Un set continuo de isopletras binarias tiene asociados sets continuos de cricondenbars (CCBs) y cricondenterms (CCTs), es decir, de presiones y temperaturas máximas de heterogeneidad. Tales sets CCB y CCT binarios son hiperlíneas, las cuales pueden computarse utilizando una EoS. El análisis de las hiperlíneas CCB y CCT [complementadas con sets continuos de puntos críticos binarios (=hiperlíneas críticas)] hace posible la detección del DRB.

Cabe hacer notar que un punto CCB es, simultáneamente, un extremo local en presión a composición constante (isopleta), y un extremo local en fracción molar a presión constante (cricondencomp isobárico,  $CCC_P$ ). Análogamente, un punto CCT es, simultáneamente, un extremo local en temperatura a composición constante (isopleta) y un extremo local en fracción molar a temperatura constante (cricondencomp isotérmico,  $CCC_T$ ). Consecuentemente, una línea CCB es a la vez una línea  $CCC_P$ , y, asimismo, una línea CCT es a la vez una línea  $CCC_T$ .

## 2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es proponer una metodología eficiente de detección directa del comportamiento doble retrógrado (DRB), para sistemas binarios representados con una EoS, e ilustrar la aplicación de la misma.

## 3. Metodología

El equilibrio líquido-vapor binario se calcula imponiendo la condición de iso-fugacidad para cada uno de los componentes del sistema binario. El sistema de ecuaciones resultante se diferencia implícitamente con respecto a una variable, mientras se mantiene constante otra. El resultado es un sistema de ecuaciones que además de posibilitar el cálculo del equilibrio líquido-vapor, permite computar las derivadas de las variables con respecto a la variable considerada independiente. Entre estas derivadas se iguala a cero la derivada apropiada, y ello conduce a las condiciones validas en puntos CCB o bien en puntos CCT. Tales condiciones se resuelven, en todo el rango de composición del sistema binario, aplicando un método de continuación numérica (NCM). Tal set continuo de soluciones es un lugar (locus) completo de puntos CCB (o CCT), es decir, es una hiperlínea CCB (o CCT) completa.

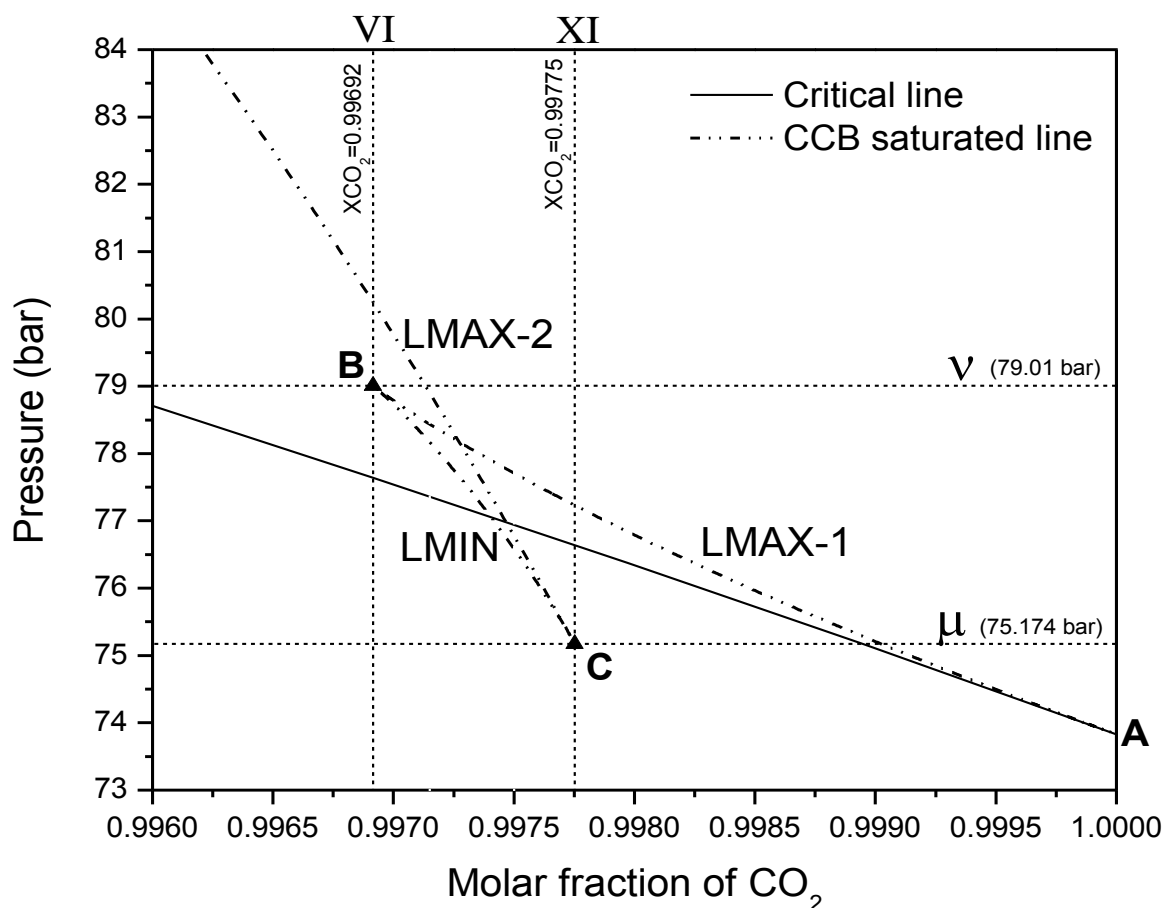
Las condiciones CCB y CCT consideradas en este trabajo son las de extremo local [o, más estrictamente, las de punto estacionario (derivada igual a cero)]. Es decir: las condiciones consideradas incluyen a máximos y mínimos locales, y a puntos de inflexión. En otras palabras, las condiciones de punto CCB y de punto CCT especificadas en este trabajo engloban un conjunto de situaciones más amplio que las definiciones convencionales de punto CCB y punto CCT.

El estudio del comportamiento de hiperlíneas CCB y/o CCT permite detectar múltiples extremos locales para cada una de las posibles isopletras binarias. Tal estudio se efectúa considerando un único gráfico para el caso CCB, y un único gráfico para el caso CCT, en lugar de un conjunto de numerosos gráficos isopléticos. La presencia de los mencionados múltiples extremos locales es característica del DRB.

## 4. Resultados y Discusión

La Fig 1 muestra, en la región rica en  $\text{CO}_2$ , la línea CCB y la línea crítica, ambas computadas para el sistema  $\text{CO}_2$  + n-decane. Para el caso de la línea CCB, la fracción molar de  $\text{CO}_2$ , que

se muestra en la Fig 1, es la de la fase cuya composición define una línea isoplética. La Fig 1 es apropiada para identificar los diferentes tipos de comportamiento retrógrado que pueden presentarse a presión constante (isobaras), o bien, a composición de una fase constante (isopletas) [6]. La Fig 1 muestra cuantos puntos CCB se presentarán en la envolvente de fases de una dada isopleta, o cuantos puntos CCC<sub>P</sub> se presentarán en una dada isobara.



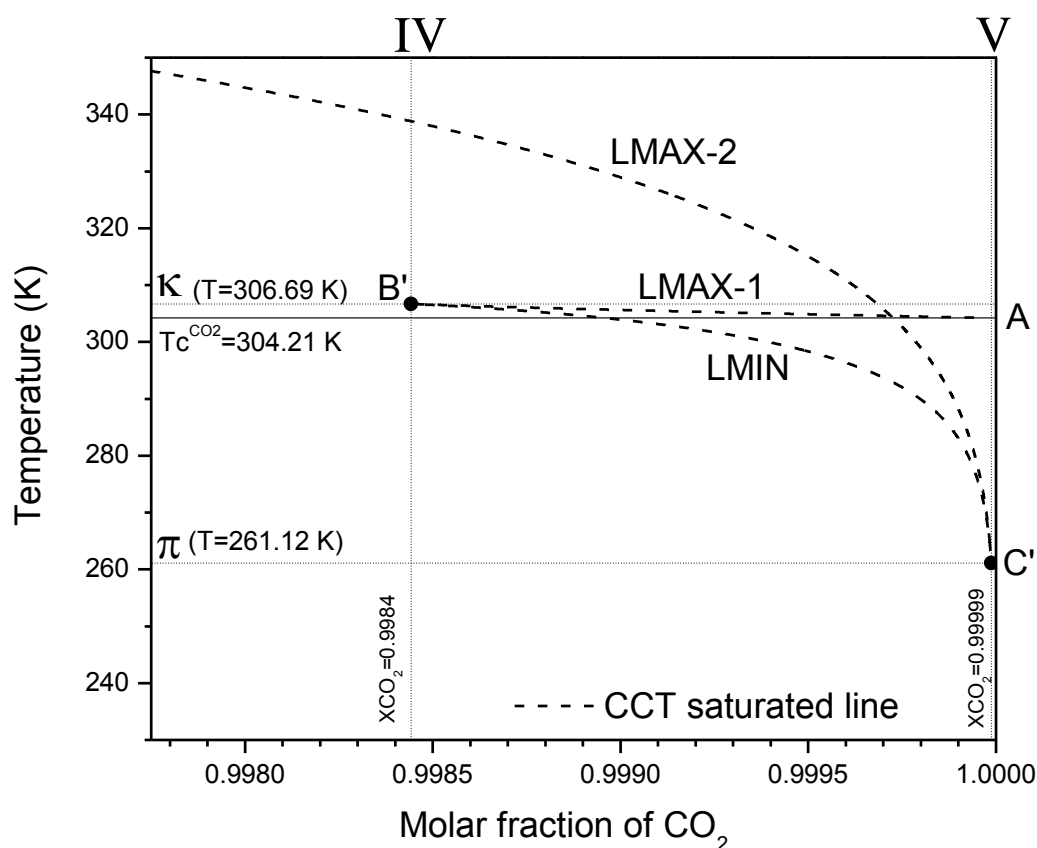
**Figura 1.** Línea crítica y línea CCB, computadas para el sistema CO<sub>2</sub> + *n*-decano, utilizando el modelo y las reglas del mezclado de la Ref [7]. Proyección: presión - fracción molar de CO<sub>2</sub>.

Una isopleta (línea vertical) definida por un valor de composición ubicado entre las líneas VI y XI de la Fig 1 intersecta la línea CCB en tres puntos, lo cual implica que la envolvente de fases de la isopleta tiene tres puntos CCB, esto es, tres extremos locales en presión. Este número de extremos es indicativo de DRB potencial. Lo que define si el DRB potencial corresponde o no al DRB, es la ubicación relativa de la línea crítica con respecto a tales extremos [6]. El criterio de DRB definitivo que debe aplicarse no se desarrolla aquí, por limitaciones de espacio.

Análogamente, una isobara (línea horizontal) definida por un valor de presión localizado entre las líneas “v” y “μ” de la Fig 1 intersecta la línea CCB (=CCC<sub>P</sub>) en tres puntos, es decir, la isobara de equilibrio líquido-vapor tiene tres extremos locales en composición. Nuevamente se presenta DRB potencial cuya existencia definitiva se establece, una vez más, considerando (no se discute aquí cómo) la posición de la línea crítica [6].

La Fig 2 muestra la proyección temperatura – fracción molar, en la región rica en CO<sub>2</sub>, de la línea CCT. La Fig 2 permite determinar el número de puntos CCT presentes en la envolvente

de fases de una dada isopleta, y/o determinar el número de puntos  $CCC_T$  presentes en una dada isoterma de equilibrio líquido-vapor. Tales números de puntos son indicativos de la presencia o ausencia de DRB potencial. En caso de presentarse DRB potencial, debe también ser considerada la línea crítica computada, a fin de establecer la existencia definitiva de DRB.



**Figura 2.** Línea CCT, computada para el sistema  $CO_2 + n$ -decano, utilizando el modelo y las reglas del mezclado de la Ref [7]. Proyección: temperatura - fracción molar de  $CO_2$ .

## 5. Conclusiones

Se ha descrito esquemáticamente un método que permite determinar los rangos de condiciones en los cuales el equilibrio líquido-vapor presenta comportamiento doble retrogrado (DRB), para un dado sistema binario, para el que se asume un comportamiento igual al establecido por la ecuación de estado adoptada para representarlo. El método se basa en el cómputo de líneas CCT y CCB (en una única corrida para cada una de ellas). Una rápida mirada a gráficos de líneas CCB, CCT y críticas, permite evaluar los rangos de existencia del DRB.

## **6. Bibliografía**

- [1] R.J.J. Chen, P.S. Chapplelear, R. Kobayashi. J. Chem. Eng. Data, 19 (1974) 53-58.
- [2] M.F. Alfradique, M. Castier. Fluid Phase Equilib., 230 (2005) 1-8.
- [3] S. Raeissi, C.J. Peters. Fluid Phase Equilib., 191 (2001) 33-40.
- [4] S. Raeissi, C.J. Peters. J. Physical Chemistry B, 108 (2004) 13771-13776.
- [5] U.K. Deiters. J. Chem. Thermodynamics, 35 (2003) 583-589.
- [6] J.I. Ramello. Ph.D Thesis, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 2014
- [7] M. Cismondi, S.B. Rodríguez-Reartes, J.M. Milanesio, M.S. Zabaloy. Ind. Eng. Chem. Res. 51 (2012) 6232-6250.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a CONICET, UNS y ANPCyT por el apoyo financiero otorgado a este trabajo.

## **28TCQ - ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHACO.**

**PONCE, S. D.<sup>1</sup>; SÁNCHEZ P.<sup>1</sup>; HRYCZYŃSKI E.<sup>1</sup>; LÓPEZ W. G.<sup>1</sup>**

**Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional del Chaco Austral. Comandante Fernández 755 - (3700) Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina.**  
[silvia@uncaus.edu.ar](mailto:silvia@uncaus.edu.ar)

### **Resumen**

El carbón vegetal es un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento de residuos vegetales, hasta temperaturas que oscilan entre 400 y 700°C, en ausencia de aire. El carbón vegetal se emplea mayoritariamente como combustible, no solo de uso doméstico sino también industrial, especialmente en los países en vías de desarrollo. El carbón vegetal es una fuente de energía renovable, lo que aumenta su interés como combustible. No obstante, la producción de carbón vegetal por métodos artesanales tiene un importante impacto ambiental que es necesario disminuir mediante el uso de métodos industriales con control de emisiones. La provincia del Chaco es la mayor productora de carbón del país, el que es producido principalmente por pequeños productores con el empleo de métodos semiartesanales que resultan de muy bajo rendimiento, ambientalmente inconvenientes y con productos de baja calidad. En el presente trabajo se plantea una comparación del método tradicional empleado con un método de producción semicontinua que emplea un horno metálico cilíndrico, en el que se realiza la destilación seca de la madera de forma más controlada y cuya instalación podría permitir la reutilización de los gases generados durante la reacción exotérmica para lograr la disminución del consumo de energía y la liberación de sustancias contaminantes al medio.

### **1. Introducción**

El carbón vegetal es un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento de residuos vegetales, hasta temperaturas que oscilan entre 400 y 700°C, en ausencia de aire. El carbón es un producto que presenta alto poder calorífico, menor peso, inerte e inalterable a condiciones atmosféricas normales, por lo que se considera mejor combustible que la madera (Sanabria, 1998). El proceso de producción de carbón se diferencia de acuerdo al método empleado y según las características del producto final a obtener, de esta manera se podría hablar de la pirolisis lenta, rápida, flash y reactiva.



**TABLA 1.** Tipos de pirolisis.

PIROLISIS	TIEMPO DE RESIDENCIA	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO	PRESION (Bar)	TEMPERATURA MAX (°C)	PRODUCTO MAYORITARIO
<b>Carbonización</b>	Horas - Días	Muy baja	1	400	Sólido
<b>Convencional</b>	5-30 minutos	Baja	1	600	Gas, Líquido y Sólido
<b>Rápida</b>	0.5 - 5 segundos	Muy alta	1	650	Líquido
<b>Flash (líquido/gas)</b>	menor a 1 segundo	Alta	1	mayor 650	Líquido/Gas

Con el proceso de pirolisis de la madera es posible obtener distintas cantidades de gas, líquido y carbón, según las condiciones de operación, especialmente velocidad de calentamiento y temperatura final. Cuando el principal producto a obtener es el carbón, la pirolisis debe efectuarse a bajas velocidades de calentamiento y temperaturas finales moderadas (Font, 1993). El proceso más efectivo es la pirolisis lenta, que ocurre a temperaturas entre 400 y 600 °C. Además se puede diferenciar de acuerdo al tiempo de residencia, en pirolisis convencional con tiempo de residencia de hasta 30 minutos, o carbonización, con permanencia de horas y días, en los cuales los productos principales son sólidos. La carbonización es una destilación seca de la madera, que la transforma en una fracción rica en carbono y otra fracción compuesta por vapores y gases de alquitrán, ácido piroleñoso y gases no condensables. El gas que se produce en la carbonización contiene monóxido de carbono y el gas piroleñoso resulta tóxico y puede provocar irritación en la piel. Las propiedades del producto obtenido puede variar según la densidad de la madera que se emplee para carbonizar, además de la velocidad de calentamiento y la temperatura final alcanzada (Sanabria, 1998).

El uso de carbón vegetal forma parte importante de las fuentes de energía empleadas principalmente en países en vía de desarrollo (Montesino et al., 2010). En Argentina, el carbón vegetal se usa mayoritariamente como combustible, no solo de uso doméstico sino también industrial. Si bien su uso favorece una menor emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente comparado con la de los combustibles fósiles, (Ghetti et al., 1996), la producción del mismo, que en general se realiza de forma artesanal con muy poca tecnificación aplicada, tiene un importante impacto ambiental que es necesario disminuir mediante el uso de métodos industriales con control del proceso y de las emisiones, ya que es considerado una fuente de energía renovable, lo que aumenta su interés como combustible.

La provincia del Chaco es la mayor productora de carbón del país (1), el que es producido principalmente por pequeños productores con el empleo de métodos semiartesanales que resultan de muy bajo rendimiento, ambientalmente inconvenientes y con productos de baja calidad. El método más generalizado es el denominado “horno media naranja” que consiste en hornos convencionales de ladrillos con configuraciones diferentes de las bocas de entrada/salida de aire, según sea el operario que lo maneje. Este tipo de tecnología acarrea un alto costo ambiental y económico debido a la imposibilidad de controlar el proceso para tratar los gases contaminantes que son emitidos directamente a la atmósfera y los irregulares rendimientos de producción y

producto ya que se obtiene como máximo, rendimientos de 18-20% en relación a la materia prima utilizada y producto de baja calidad con carbono fijo de hasta 65%.

En contraste con este método convencional empleado, se demuestra que el uso de los hornos cilíndricos metálicos, son una buena alternativa de reemplazo, que contribuirían a reducir, tanto el impacto ambiental que genera el método tradicional, como a mejorar las condiciones sociales y económicas asociadas a estos métodos, como ser las condiciones de trabajo y la calidad del producto obtenido.

## 2. Objetivos

El presente trabajo de investigación intenta cumplir dos objetivos simultáneamente, a saber,

- a) Analizar un método de producción de carbón que ofrezca un proceso más eficiente y económico, adaptable a la realidad de la provincia, que optimice la calidad del proceso y del producto.
- b) Exponer cómo esta técnica propuesta, contribuiría a disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de trabajo, contrastando con información recogida en campo de los métodos tradicionales empleados

## 3. Metodología

Para el estudio de la optimización de la producción con el empleo de hornos cilíndricos metálicos verticales, se empleó una instalación que consiste en una cámara de combustión que aloja en su base el hogar donde se produce el fuego, un cilindro metálico donde se lleva a cabo la destilación seca de la madera (Figura 1), un conducto de gases de combustión, la cámara de quema de gases de combustión y la chimenea de evacuación de humos (Figura 2). La combustión de la madera se lleva a cabo en el cilindro metálico mencionado, cerrado por la parte superior, que admite una rejilla en la parte inferior que le permite el contacto con el fuego del hogar, y aloja la madera que se va a carbonizar. El hogar se sitúa en la parte inferior de la cámara de combustión, la que consiste en un habitáculo de chapa con aislación térmica de lana de vidrio.



**FIGURA 1.** Vista frontal de la instalación.



**FIGURA 2.** Vista posterior de la instalación

El proceso se inicia colocando la madera en el espacio comprendido entre tapa y rejilla, estando el cilindro en posición horizontal; en este caso se trabaja con una capacidad de hasta 1000 Kg (Figura 3). Una vez cargada la madera se coloca la rejilla en la abertura inferior del cilindro y con el empleo de un aparejo, se procede a colocar a éste sobre el hogar. Luego se procede al encendido de la madera destinada a quemar en el hogar. Se coloca el cilindro con la rejilla hacia abajo de tal manera que los gases calientes pasen a través de la madera. En primera instancia la madera contenida en el cilindro se seca y luego se produce la destilación seca propiamente dicha, generando gases combustibles a una temperatura de 450°C aproximadamente. Los gases de la combustión son dirigidos hacia una cámara exterior donde se realiza la combustión de los mismos y éstos luego salen por la chimenea.

Una vez terminado el proceso, controlado por el descenso de temperatura y presión interna del horno, se procede a realizar la extracción del cilindro, empleando nuevamente el aparejo y colocando el cilindro en una cama de arena para evitar el ingreso de aire y para que termine de “apagar” el carbón. Por último, la extracción del carbón se realiza colocando el cilindro sobre un soporte para extraer la rejilla y luego con el aparejo se procede a elevarlo extrayendo el material carbonizado (Figura 4).

Durante los ensayos se controlan los parámetros de temperatura, emanaciones de gases, cantidad de madera, humedad de la misma y cantidad y calidad de carbón obtenido. La temperatura del proceso se controla en cinco puntos de la instalación, empleando termocuplas tipo K conectadas a un Data Logger y a una computadora para registro de los datos. Para controlar la madera empleada para la carbonización y para la quema inicial, se emplea una balanza para pesar la cantidad asignada a cada destino. Para los ensayos se utiliza madera de la zona centro chaqueña que comúnmente se emplean en los procesos de carbonización en hornos media naranja.



**FIGURA 3.** Carga de la madera a carbonizar.



**FIGURA 4.** Descarga del producto.

Además se realizó en la zona una serie de visitas y entrevistas a productores de varias fincas productoras de carbón, de las que se pudo recoger información acerca de los procesos involucrados, costos y condiciones de trabajo. Otra fuente consultada fue la dirección de bosques de la provincia, la que tiene a cargo el control de toda la actividad forestal, incluida la producción carbonera. De acuerdo a esta última fuente se estima que

en el Chaco existen inscriptos y/o contabilizados setecientos productores de carbón con sus respectivos hornos o baterías de hornos, de los cuales solo cuatro se hallan registrados como exportadores. Los tamaños de los hornos empleados oscilan entre los 2 y 9 m de diámetro, y se toma como estándar un horno de 6.5 m para contabilizar la producción, dado que es la medida más común hallada, que a decir de los propios constructores y operadores de hornos, es la mejor configuración tanto para la construcción como para la producción. La mayoría de los productores, realiza esta actividad como complemento a su actividad principal, que puede ser agrícola o ganadera, obteniendo recursos extra para aliviar su economía, empleando recursos disponibles, aunque trabajando en forma aislada.

En relación a la operación del horno, el conocimiento del proceso se transmite de forma informal, de “boca en boca” entre productores. No existen estándares en esta industria; la producción que se lleva a cabo de forma artesanal. A su vez los hornos defieren en su diseño y construcción, dado que presentan variaciones en la cantidad de troneras, con diferencias en el tamaño y la ubicación de las mismas según sea el operador del horno. Además se constató que no existen buenas prácticas en la producción de carbón, los productores suelen diferir en cuanto una técnica óptima para realizar el proceso de pirólisis. Lo que sí es común en toda la zona, es la informalidad del trabajo y sobretodo la falta de uso de elementos de protección durante los procesos de carga, carbonización y descarga del horno. A esto se debe agregar que el producto tampoco resulta uniforme, ya que existen muchas especies de árboles nativos que se emplean como materia prima, para producir 3 tipos de carbón que comúnmente se denominan mezcla liviana, mezcla intermedia y mezcla pesada; cada mezcla utiliza distintas cantidades de maderas duras y livianas, variando la proporción de las mismas en cada tipo de mezcla, según la disponibilidad y el operador del horno.

Los datos obtenidos en las encuestas realizadas, las que fueron validadas mediante el método Delphi, fueron contrastaron con los datos obtenidos de forma experimental en la instalación descripta.

#### 4. Resultados

Teniendo en cuenta que para la producción de carbón en cualquier tipo de horno es necesario contar con la leña dispuesta a pie de horno y del tamaño correspondiente, el costo de esta operación se resume en la tabla 2. Se considera el cortado como la operación que resulta del derribe de la especie seleccionada en su lugar de crecimiento. El rodeado es la operación de acarreo de la leña desde su punto de corte hasta que quede colocada en la puerta del horno.

**TABLA 2.** Costos de operaciones previas.  
Precios vigentes al 20/11/2014

Proceso	Precio (\$/m3)
Cortado	25
Rodeado	30

Además se deben tener en cuenta que para el cálculo de comparación de ambos métodos presentados se tendrá en cuenta un horno convencional media naranja de 6.5 m de

diámetro, y para el horno cilíndrico metálico se tendrá en cuenta la instalación necesaria para realizar una producción semicontinua, que incluye una cámara de combustión con su respectivo hogar y tres cilindros metálicos. De acuerdo a este sistema se puede considerar que se podría trabajar 22 días al mes rotando el uso de los cilindros, cuya capacidad se calcula en 1000 Kg de leña cada uno. Se debe tener en cuenta que por cada horno convencional media naranja, el tiempo de proceso abarca 20 días para completar el proceso. Asimismo se aclara que para el cálculo se considera el empleo de mezcla pesada de madera, con la que obtiene un producto de mejor aceptación en el mercado. Además se considera una equivalencia de 750 Kg de leña por metro cúbico.

**TABLA 3.** Resultados de la comparación.

	Horno Media Naranja	Horno Cilíndrico Metálico
<b>CONSTRUCCION</b>		
<b>Materiales</b>	4530	36000
<b>Mano de obra</b>	5000	4500
<b>Complementarios</b>	1800	2500
<b>PROCESO</b>		
<b>Cortado</b>	1625	484
<b>Rodeado</b>	1950	581
<b>Limpiado y Cargado *</b>	600	
<b>Quemado, Baño y Enfriado *</b>	300	
<b>Operación del horno</b>		2323
<b>Sacado *</b>	400	
<b>Cuidado nocturno *</b>	100	
<b>Mantenimiento</b>		1000
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>		
<b>Total leña empleada (Ton)</b>	38	22
<b>Rendimiento</b>	20%	35%
<b>Total producto obtenido (Ton)</b>	7.5	7.7
<b>Total recaudado</b>	7526	7700

Todos los valores están en pesos argentinos.

(\*) Operaciones típicas para hornos convencionales tipo media naranja.

## 5. Conclusiones

Como se puede observar de los resultados demostrados, es muy conveniente para el productor poder acceder a estas nuevas tecnologías de producción. La clave se encuentra en que se realice un buen diseño del proceso de transferencia de tecnología que lo beneficie en todos los aspectos presentados y que no solo sea de interés académico, sino que se involucre a todos los agentes posibles que puedan llevar adelante este proceso de recambio.

## **6. Bibliografía**

Alves Magalhaes, E.; (2007) Desenvolvimento e análise de uma fornalha para aquecimento direto e indireto de ar utilizando biomassa polidispersa.

Secretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Chaco – Informes estadísticos 2009-2012. Anuario De Estadística Forestal. Dirección de Bosques.

Consejo Económico y Social del Chaco. Lifton, S.; Aguilar, E.; (2007). La cadena Foresto-Industrial del Chaco.

Font, R., Marcilla, A., Devesa, J. And Verdú, E.; (1993) Kinetics study of the flash pyrolysis of almonds shells in a fluidized bed reactor at high temperatures.

Ghetti, P., Ricca, L. and Angelini, L.; (1996). Thermal analysis of biomass and corresponding pyrolysis products.

Marquez Montesino, F.; (2010) Transformación térmica de la madera.

Sanabria, E. (1998) Optimización del proceso de producción de carbón vegetal. Tesis en opción a Posgrado.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina – Series Estadísticas Forestales 2009-2011.

<http://www.fao.org/docrep/x5328s/X5328S19.htm>

## 29TCQ - DESCRIPTORES MOLECULARES Y CONTRIBUCION DE GRUPOS PARA ESTIMAR LA TEMPERATURA DE FUSIÓN DE LÍQUIDOS IÓNICOS

VALDERRAMA, J.O.<sup>1,2</sup>; ARCE, P.F.<sup>3</sup>; ROJAS, R.E.<sup>4</sup>; FAUNDEZ, C.A.<sup>5</sup>

1. Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, La Serena, Chile ([jvalderr@userena.cl](mailto:jvalderr@userena.cl))

2 Centro de Información Tecnológica (CIT), La Serena, Chile

3. Univ. de São Paulo, Escuela de Ing. de Lorena, Lorena-SP, Brasil

4. Univ. de La Serena, Depto. de Química, La Serena, Chile

### Resumen

Se presenta un método de contribución de grupos que incorpora descriptores moleculares derivados de la química computacional para la estimación de la temperatura de fusión de líquidos iónicos. Se exploran varias combinaciones de ecuaciones y descriptores moleculares para obtener el modelo que mejor combine simplicidad y exactitud de los resultados. Se ha explorado el uso de diez descriptores entre los que se encuentran descriptores relacionados con las conexiones de los grupos (índice de conectividad másica  $\lambda_m$ , índice de conectividad de Randic  $\lambda_R$ ), tamaño de los grupos (masa del catión  $M^+$ , masa del anión  $M^-$ , volumen de van der Waals  $v$ ), entre otros. Se usó el software Dragon6 de la empresa italiana Talete para determinar los descriptores. Los resultados indican que los descriptores son una buena alternativa viable para formular modelos para estimar la temperatura de fusión de líquidos iónicos.

### 1. Introducción

La temperatura de fusión ( $T_f$ ) es una de las propiedades que mejor identifican a los líquidos iónicos (LIs) y su definición: sustancias formadas solo por iones y con temperaturas de fusión bajo 100°C. Se ha encontrado también que  $T_f$  de los LIs está de alguna forma relacionada con la estructura y composición (tipo de anión y de catión) del líquido iónico. Este último concepto indica que el método de contribución de grupos (MCG) puede ser una buena alternativa como método de estimación de la temperatura de fusión de LIs ya que, en ausencia de datos experimentales, el valor de  $T_f$  tiene que ser estimado de alguna forma aceptable (Zhao y Yalkowsky, 1999). Varios métodos empíricos y semi-empíricos se han propuesto para predecir  $T_f$  (Poling et al., 2001; Jain et al., 2004). Más recientemente se ha sugerido incorporar descriptores moleculares para modelos de estimación de  $T_f$  (Valderrama, 2014).

En los MCG la propiedad de un compuesto es calculada a partir del conocimiento de su estructura molecular, sumando la contribución de ciertos grupos de átomos definidos en forma arbitraria y considerando al mismo tiempo la frecuencia con que cada grupo está presente en la molécula. Estos métodos tienen la ventaja de ofrecer estimaciones rápidas sin necesidad de cálculos sofisticados (Poling et al., 2001). Por otro lado, los descriptores moleculares son valores numéricos que definen características estructurales, de enlaces, de tipo químico, de tamaño, y de fuerzas atómicas, entre otras, y que permiten identificar una molécula y describir ciertas propiedades macroscópicas. Por ejemplo, la cantidad de átomos, la masa molecular y las propiedades críticas son descriptores. Sin embargo para poder obtener buenos métodos de estimación o predecir los diversos comportamientos de distintas moléculas estos descriptores no son suficientes. Descriptores que caracterizan la estructura, el tipo de enlace, las energías de los distintos enlaces o la forma de una molécula son necesarios en métodos basados en



química computacional para la estimación de propiedades físicas o fisicoquímicas (Todeschini y Consonni (2000).

## 2. Objetivos

El objeto de este trabajo es desarrollar un MCG que incorpore descriptores moleculares derivados de la química computacional para la estimación de  $T_f$  de líquidos iónicos (LIs). Para ello se ha desarrollado un programa computacional que permite determinar los valores de los grupos mediante un procedimiento de optimización (Reilly, 1972).

## 3. Metodología

Se ha desarrollado un programa computacional en lenguaje Fortran para determinar los valores óptimos de grupos químicos arbitrariamente definidos en el MCG para la estimación de la temperatura de fusión. Los descriptores son determinados con el programa Dragon6 de la empresa italiana Talete (2013). SE formulan también modelos algebraicos determinando los coeficientes óptimos usando el programa Origin.

### 3.1 Descriptores Moleculares

Los descriptores moleculares representan una buena alternativa como parámetros que permiten distinguir el comportamiento variable de la temperatura de fusión de LIs en métodos de contribución de grupos (Valderrama, 2014). La Tabla 1 muestra una selección de descriptores que según antecedentes de la literatura tendrían algún efecto importante sobre la  $T_f$  de los LIs.

Tabla 1: Descriptores moleculares seleccionados para estudios de temperatura de fusión

	Nombre	Descripción	Tipo de descriptor
X1	S+	Sign (+ even number of C and – odd number of C)	
X2	NC	total number of C	
X3	M+	Masa del catión	
X4	M-	Masa del anión	
X5	XMOD	Índice de Randic Modificado	Índices de conectividad
X6	SAtot	Área superficial total de a partir de descriptores P_VSA	Propiedades moleculares
X7	VvdwMG	Volumen Van der Waals a partir del volumen McGowan	Propiedades moleculares
X8	Pol	Numero de polaridad	Índices topológicos
X9	nHDon	Numero de átomos dadores para enlaces -H (N y O)	Conteo de grupos funcionales
X10	nHAcc	Numero de átomos aceptores para enlaces -H (N,O,F)	Conteo de grupos funcionales
X11	Hy	Factor hidrofílico	Propiedades moleculares
X12	Xt	Índice de conectividad de estructura total	Índices topológicos
X13	X0	Índice de conectividad de orden 0 (Kier)	Índices de conectividad
X14	X0sol	Índice de conectividad de solvatación de orden 0	Índices de conectividad
X15	X0Av	Índice promedio de valencia de conectividad, orden 0	Índices de conectividad
X16	RDCHI	Suma de distancia recíproca, índice-Randic	Índices de conectividad
X17	TPSA(tot)	Área de superficie polar topológica	Propiedades moleculares
X18	SAacc	Área superficial de átomos aceptores	Propiedades moleculares
X19	SAdon	Área superficial de átomos dadores	Propiedades moleculares
X20	Vx	Volumen McGowan	Propiedades moleculares
X21	VvdwMG	Volumen Van der Waals a partir del volumen McGowan	Propiedades moleculares
X22	PDI	Índice de densidad de empaquetamiento	Propiedades moleculares
X23	$\lambda$	Índice de conectividad másica	Índices de conectividad

Se probaron varios modelos de contribución de grupos para analizar el comportamiento del programa en cuanto a convergencia y exactitud de los resultados. Además se exploró el uso de descriptores solamente, incluyendo algunos que describen características estructurales como son los índices de conectividad mostrados en la Tabla 1.



Es importante resaltar que varias moléculas pueden tener igual o muy similar valor de un determinado descriptor pero propiedades completamente distintas. Por lo tanto, es necesario disponer de más de un descriptor para identificar claramente una determinada molécula y caracterizarla en forma adecuada para la predicción de una propiedad.

### 3.2 Modelos usados

En este trabajo se presentan los resultados de dos de los varios modelos analizados: uno que incorpora solamente grupos estructurales (MCG) y uno que incluye solo descriptores moleculares. El modelo de contribución de grupos (M1) es:

$$T_f = \frac{A + \sum \eta_{ij} \tau_i}{B + \alpha \sum \eta_{ij} \tau_i + \beta \sum \eta_{ij} \tau_i^2} \quad (1)$$

El símbolo  $\tau_i$  representa el valor de las contribuciones de los grupos y los símbolos A, B,  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros a determinar, usando el programa desarrollado en Fortran.

El modelo que incluye solo descriptores moleculares (M2) es:

$$T_f = a * X_1 * X_2 * X_3 / X_4 + b * X_5 + c * X_6 + d * X_7 + e * X_8 + f * X_9 + g * X_{10} + h * X_{11} + i * X_{12} \quad (2)$$

En la ec. (2) los  $X_i$  son los descriptores listados en la Tabla 1. Valores de los descriptores para algunos líquidos iónicos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Descriptores moleculares y  $T_f$  para algunos líquidos iónicos, de los 160 usados

catión	anión	PM(+)	PM(-)	X0	X0sol	XMOD	RDCHI	SAtot	Vx	X0	T <sub>f</sub> (K)
[dmprim]	[bti]	139.2	280.1	19.68	15.77	91.52	3.26	423.24	383.94	19.68	288
[Dmim]	[bti]	97.1	280.1	17.40	13.48	82.71	3.02	343.48	313.72	17.40	295
[C4C2im]	[bti]	153.2	280.1	20.23	16.31	94.95	3.51	449.31	407.34	20.23	265
[E1M3,5im]	[bti]	125.2	280.1	18.98	15.06	88.37	3.19	397.16	360.53	18.98	270
[hmim]	[bti]	167.3	280.1	20.93	17.02	97.95	3.62	475.39	430.75	20.93	266
[mim]	[bti]	83.1	280.1	16.69	12.61	79.62	2.88	317.41	290.32	16.69	282
[C2OHmim]	[Cl]	127.2	35.5	7.40	7.90	35.00	2.21	222.81	192.96	7.40	334
[C2OCmim]	[Cl]	141.2	35.5	8.10	8.60	38.50	2.35	241.92	216.36	8.10	341
[Dmim]	[Cl]	97.1	35.5	5.98	6.48	28.06	1.91	173.13	159.80	5.98	454
[C2OHmim]	[PF6]	127.2	145.0	12.51	6.69	58.58	2.61	267.17	238.44	12.51	296
[Dmim]	[PF6]	97.1	145.0	11.10	5.28	51.64	2.34	217.48	205.28	11.10	388
[DPEBIM]	[PF6]	289.3	145.0	19.96	14.39	95.71	3.61	503.32	462.91	19.96	223
[C4CNmim]	[PF6]	164.2	145.0	14.63	8.81	67.23	3.02	326.84	301.20	14.63	213
[C2CNmim]	[PF6]	136.2	145.0	13.22	7.40	61.23	2.75	274.68	254.39	13.22	308
[DPEHIM]	[PF6]	317.4	145.0	21.38	15.80	101.71	3.85	555.47	509.72	21.38	211
[DPPHIM]	[PF6]	331.4	145.0	22.25	16.67	103.94	3.86	587.84	533.12	22.25	207
[hmim]	[PF6]	167.3	145.0	14.63	8.81	66.87	3.02	349.39	322.31	14.63	212
[C1CNmim]	[PF6]	122.2	145.0	12.51	6.69	58.23	2.61	248.61	230.98	12.51	351
[omim]	[PF6]	195.3	145.0	16.05	10.23	72.87	3.28	401.54	369.12	16.05	203
[C3CNdmim]	[PF6]	164.2	145.0	14.80	8.98	66.80	2.87	326.84	301.20	14.80	358
[C3CNmim]	[PF6]	150.2	145.0	13.93	8.10	64.23	2.88	300.76	277.79	13.93	348
[Dmim]	[NO3]	97.1	62.0	8.48	8.48	33.47	2.17	212.28	178.16	8.48	357

[e'mim]	[NO3]	111.2	62.0	9.19	9.19	36.62	2.28	238.36	201.56	9.19	348
[Dmim]	[TfO]	97.1	149.1	11.69	10.03	54.58	2.52	253.10	228.06	11.69	392
[mmim]	[TfO]	97.1	149.1	11.69	10.03	54.67	2.54	254.62	228.06	11.69	312
[Bemim]	[TfO]	173.2	149.1	15.51	13.85	72.92	3.30	345.98	329.02	15.51	300
[C4C2im]	[TfO]	153.2	149.1	14.52	12.85	66.82	3.05	358.93	321.68	14.52	275
[E1M3,5im]	[TfO]	125.2	149.1	13.27	11.60	60.24	2.70	306.78	274.87	13.27	279
[eim]	[TfO]	97.1	149.1	11.69	9.86	54.63	2.47	253.10	228.06	11.69	281
[mim]	[TfO]	83.1	149.1	10.98	9.16	51.49	2.37	227.02	204.65	10.98	357

#### 4. Resultados

Como ejemplo de los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha se muestra los obtenidos para el modelo M1 y M2 que incluyen solamente grupos (M1) o solamente descriptores moleculares (M2). Los valores de los parámetros y las desviaciones promedio, absoluta promedio y máxima para ambos modelos son mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores de los parámetros y desviaciones con los modelos M1 y M2

Modelo	Parámetros	% desv	% desv abs	% desv max
M1	A=1001.7; B=2.305; $\alpha$ =0.096; $\beta$ =-0.002	1.5	11.0	120
M2	a=-0.0874      d=-257.6268      g=-4.8672 b=85.7780      e=0.8459      h=-61.8872 c=-5.8748      f=397.2658      i=6.6818	1.6	19.5	115

Para el modelo M1, la desviación promedio para los 160 líquidos iónicos es de 1.5% y la desviación media absoluta es de 11.0%. Para el modelo M2, la desviación promedio es de 1.6% y la desviación media absoluta es de 19.5%. Los resultados promedio son similares en ambos métodos. De acuerdo a estos números, en especial a la baja desviación media, los resultados son aparentemente aceptables. Sin embargo, altas e inaceptables desviaciones se encuentran para algunos LIs con ambos métodos, mostrando con ello poca capacidad de predicción de  $T_f$ . Se requiere entonces explorar otras alternativas de modelos no lineales e incorporar, como se explicó antes, otros descriptores moleculares que de acuerdo a antecedentes de la literatura tengan influencia importante en  $T_f$ .

También es necesario realizar un análisis más acabado de los datos experimentales de  $T_f$ . Se sabe que los datos de  $T_f$  de líquidos iónicos presentan grandes diferencias dependiendo de la fuente y ya hay algunos intentos para determinar la exactitud de los datos (Valderrama y Rojas, 2012). También será necesario clasificar los líquidos iónicos por el tipo de catión, el tipo de anión y su estructura para obtener mejores resultados. La forma presentada en este trabajo indica que el método es razonable pero requiere ser afinado en estos aspectos.

En forma paralela se ha explorado también el uso de redes neuronales con contribución de grupos (Valderrama et al., 2014). Los resultados son similares a los mostrados en este trabajo. En avances más recientes (investigación en desarrollo) hemos incluido los descriptores usados en el modelo M2 (sin grupos) y se han obtenido los mejores resultados disponibles hasta la fecha, con desviaciones máximas que no superan el 10% para LIs tipo imidazolio. Esto tiene especial significado porque es una indicación de que los descriptores usados son adecuados. Solo falta definir una ecuación que describa en

forma aceptable la influencia de cada descriptor sobre la temperatura de fusión de los líquidos iónicos.

## 5. Conclusiones

Del estudio realizado y de los resultados obtenidos se pueden deducir varias conclusiones relacionadas con el método de contribución de grupos y el uso de descriptores moleculares en el cálculo de la  $T_f$  de LIs.

- 1.- El método de contribución de grupos representa una buena alternativa como método de estimación de la temperatura de fusión
- 2.- Los modelos y las variables independientes usadas no son suficientes para representar la variabilidad en la temperatura de fusión de diversas sustancias
- 3.- Los descriptores moleculares representan una buena alternativa para disponer de parámetros que permitan distinguir el comportamiento variable de la temperatura de fusión para diversos tipos de líquidos iónicos

## 6. Referencias

- Jain, A.; Yang G.; Yalkowsky, S.H. (2004). Estimation of Melting Points of Organic Compounds. *Ind. Eng. Chem. Res.* 43: 7618-7621.
- Poling, B. E.; Prausnitz, J. M.; O'Connell, J. P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*; 5ª ed., McGraw-Hill Book Co: New York, USA
- Reilly, M. (1972). *Computer programs for Chemical Engineering Education*, vol. 2, Sterling Swift, Texas, USA
- Talete, (2013). *Software Dragon6, Descriptores moleculares para Química Computacional*, Talete slr, Napoles, Italia
- Todeschini, R.; Consonni, V. (2000). *Handbook of Molecular Descriptors*, Wiley VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim, Alemania
- Valderrama, J.O. (2014). Myths and Realities about Existing Methods for Calculating the Melting Temperatures of Ionic Liquids, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 53 (2): 1004-1014.
- Valderrama, J.O.; Rojas. R.E. (2012). Data selection and estimation of the normal melting temperature of ionic liquids using a method based on homologous cations. *C. R. Chimie*, 15: 693–699.
- Valderrama, J.O.; Faúndez, C.A.; Vicencio V. (2014). Artificial Neural Networks and the Melting Temperature of Ionic Liquids. *Ind. Eng. Chem. Research*, 53: 10504–10511.
- Zhao L.; Yalkowsky S.H. (1999). A Combined Group Contribution and Molecular Geometry Approach for Predicting Melting Points of Aliphatic Compounds. *Ind. Eng. Chem. Research*, 38: 3581-3584.

# 30TCQ - SÍNTESIS DE ÓXIDOS LITIADOS MEDIANTE SOL GEL NO HYDROLÍTICO

BRUSILOVSKY, D.L.<sup>1</sup>

**1. Instituto de Materiales de Misiones. CONICET - Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina**

**E-mail: [davidb@conicet.gov.ar](mailto:davidb@conicet.gov.ar)**

## Resumen

En este trabajo, sintetizaron y caracterizaron nanopartículas de óxidos litiados de metales de transición. La síntesis de dichas espinelas por lo general requiere un tratamiento térmico, lo que implica controladas condiciones de síntesis.

La síntesis de nano partículas fue basada en la técnica de sol-gel no hidrolítico. Este enfoque presenta una alternativa a las rutas habituales hidrolíticas. Particularmente los métodos no hidrolíticos conducen a un control mejorado sobre la homogeneidad a nivel molecular y sobre la estequiometría de los óxidos de componentes múltiples.

## 1. Introducción

Los nanomateriales ofrecen nuevos mecanismos de almacenamiento de litio que existen inherentemente en nanoestructuras, independientemente de la simple acumulación de los iones en los sitios de inserción, entre ellos podemos citar a las reacciones redox en la superficie, el almacenamiento de litio en las interfaces y nanoporos. Además, estos mecanismos de almacenamiento no tienen ningún efecto sobre la estructura del material del electrodo, por lo tanto el proceso de carga-descarga puede continuar durante un largo tiempo. Cabe señalar que individualmente los materiales se pueden desarrollar en varias formas (bastones, placas, tubos, partículas, etc.) y dimensiones (por ejemplo, 0D, 1D, 2D, 3D) (Hu et al. 1999, Nesper, Ret al. 1998). Todas estas diferentes posibilidades de formas y dimensiones ofrecen sus propias específicas ventajas y desventajas. Por lo tanto diseños morfológicos que ofrezcan mayor cantidad y disponibilidad de sitios de almacenamiento de Li<sup>+</sup> pueden ser diseñados.

Los cátodos de las baterías de litio están compuestos de un empaquetamiento aniónico de entramado compacto; donde cationes de metales de transición ocupan capas alternas entre las capas de aniones, y los iones de litio se intercalan en las capas vacías restantes, pertenecen a este grupo: LiTiS<sub>2</sub>, LiCoO<sub>2</sub>, LiNi<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>O<sub>2</sub>, y LiNi<sub>x</sub>Mn<sub>x</sub>Co<sub>1-2x</sub>O<sub>2</sub>, (Liu, J., et al. 2012, Zhang, X.F, et al 2011, Zhang, Q. et al 2013). También las espinelas con cationes de metales de transición ordenados en todas las capas pueden ser considerados pertenecientes a este grupo. Esta clase de materiales tiene la ventaja inherente de poseer una mayor densidad de energía (energía por unidad de volumen) poseer redes cristalinas compactas (Lee, H.W et al 2010, Maiyalagan, T et al. 2014).

## 2. Objetivos

El objetivo del trabajo es preparar y caracterizar nano-partículas de óxidos litiados de metales de transición, utilizando método sol-gel no-hidrolítico

## 3. Metodología

En un procedimiento de síntesis típico, los cloruro de metales de transición (NiCl<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub>, CoCl<sub>2</sub> y LiCl, DORWILL grado ACS ), todos estequiométricamente pesados a

10mM, se añadieron a 50 ml de alcohol bencílico bajo vigorosa agitación a temperatura ambiente. El recipiente de reacción fue cubierto, y el sol se calentó a 140 °C por un tiempo de 7 días. Las suspensiones resultantes fueron centrifugadas, y el precipitado enjuagado con etanol y tetrahidrofurano. El material recibido se dejó secar a 60°C durante 24 horas y fue expuesto a un tratamiento térmico a 350°C y 600°C durante 2 horas sucesivamente.

La estructura cristalina fue determinada por medio de difracción de rayos X (XRD), con un equipo PHILIPS PW3710, radiación generada por tubo de cobalto, Monocromador de grafito, detector de centelleo, Modalidad: Polvo Bragg-Brentano  $\Theta - 2\Theta$ .

La morfología, tamaño y composición de las partículas fueron analizados con un microscopio electrónico de barrido Carl Zeiss Supra 40 con una microsonda de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (EDX).

#### 4. Resultados

Las condensaciones no-hidrolíticas permiten la síntesis de óxidos y óxidos mixtos de metales de transición ( Brinker, C. Jet al.1990, Livage, J. et al.1988, Vioux, A. 1997, Corriu, R. J. P et al 1996, Niederberger M. et al 2002, ). Las mayorías de las reacciones se basan en la eliminación de haluros, usando cloruros metálicos y alcóxidos, éteres o alcoholes como donantes de oxígeno, acorde a las siguientes ecuaciones:



Una desventaja de los procesos sol-gel es la naturaleza amorfa del precipitado y la necesidad de tratamiento térmico posterior para inducir la cristalización. La difracción de rayos X (DRX) de los materiales tratados térmicamente se muestra en la Figura 1.

El patrón de difracción es característico de las espinelas de óxidos de metales de transición litiados dando como resultado una red de simetría cubica compacta (grupo espacial Fd-3m,  $a(\text{\AA}) = 8.2785$ ) donde los iones de metales de transición y de litio completan los sitios octaédricos alternadamente (Barsukov V. et al 1996).

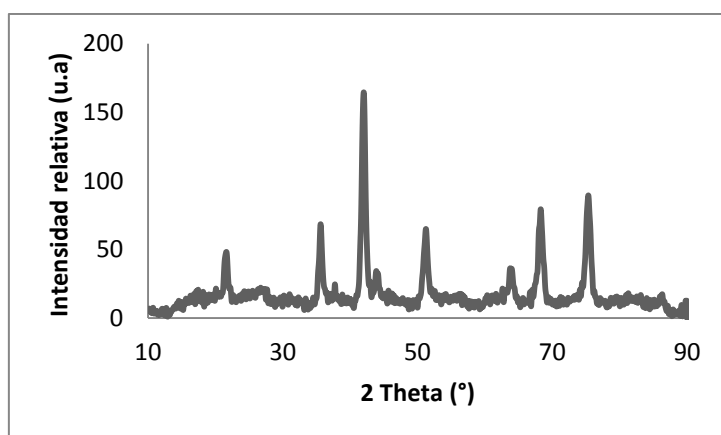


Figura 1: Difractograma de rayos X de las nanopartículas de óxido de Co-Ni-Mn litiado

La imágenes de microscopía de barrido (SEM) revelan una morfología uniforme de la nanopartículas de un tamaño aproximado de 20nm-50nm, Figuras 2&3.

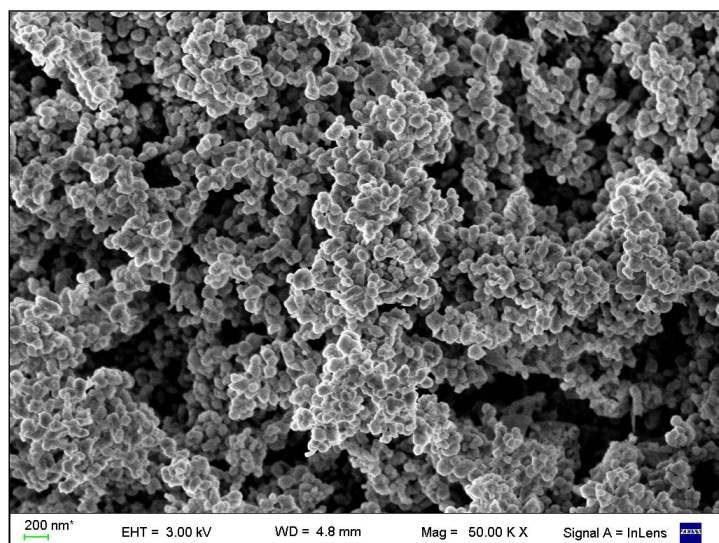


Figura 2: Imagen de SEM representativa x 50,000 de las nanopartículas de óxido de Co-Ni-Mn litiado

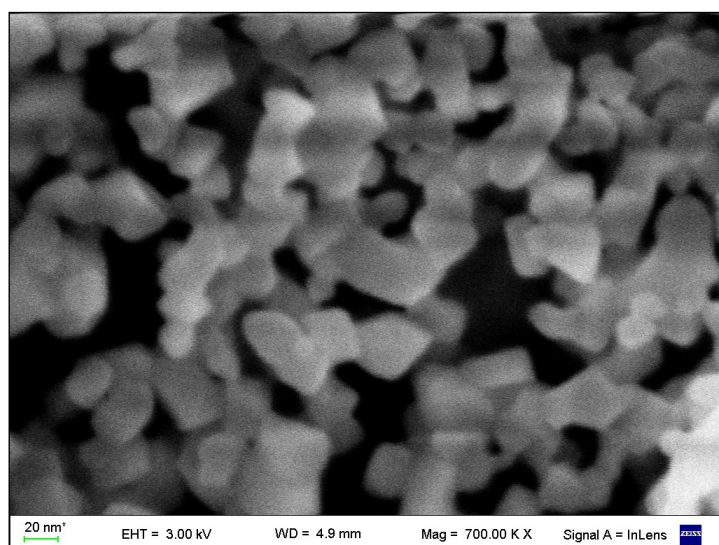


Figura 3: Imagen de SEM representativa x 700,000 de las nanopartículas de óxido de Co-Ni-Mn litiado

Por medio de la técnica de análisis químico (SEM-EDX) se pudo corroborar la composición de las nanopartículas demostrando en su contenido la presencia de iones de Co, Ni, y Mn. Figura 4.

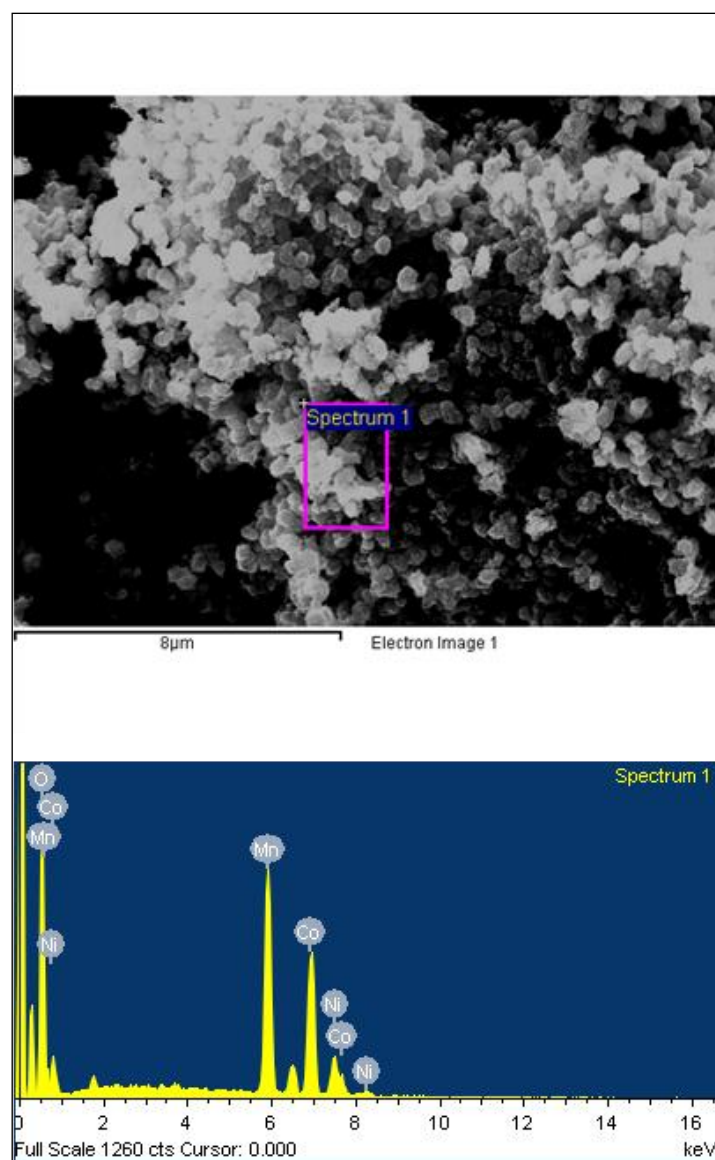


Figura 4: Espectro de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva de las nanopartículas de óxido de Co-Ni-Mn litiado

## 5. Conclusiones

Este estudio ilustra la síntesis exitosa de nanopartículas de óxido de metales de transición litiados a través de una ruta sol-gel no hidrolítica a bajas temperaturas. La reacción entre cloruros de metales de transición y el alcohol bencílico conduce a formas de partículas cristalinas de tamaño nanométrico. El proceso es simple, permite escalar en cantidades de gramos, y conduce a materiales nanométricos altamente cristalinos.

## 6. Bibliografía

- Barsukov, V., & Beck, F. (Eds.). (1996). New promising electrochemical systems for rechargeable batteries (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Brinker, C. J.; Scherer, G. W. (1990) Sol-Gel Science: The physics and chemistry of sol-gel processing; Academic Press: San Diego.
- Corriu, R. J., & Leclercq, D. (1996). Recent developments of molecular chemistry for sol-gel processes. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 35(13-14), 1420-

1436.

Hu, J., Odom, T. W., & Lieber, C. M. (1999). Chemistry and physics in one dimension: synthesis and properties of nanowires and nanotubes. *Accounts of chemical research*, 32(5), 435-445.

Lee, H. W., Muralidharan, P., Ruffo, R., Mari, C. M., Cui, Y., & Kim, D. K. (2010). Ultrathin spinel  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  nanowires as high power cathode materials for Li-ion batteries. *Nano Letters*, 10(10), 3852-3856.

Liu, J., Chen, L., Hou, M., Wang, F., Che, R., & Xia, Y. (2012). General synthesis of  $x \text{Li}_2\text{MnO}_3 \cdot (1-x) \text{LiMn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$  nanomaterials by a molten-salt method: towards a high capacity and high power cathode for rechargeable lithium batteries. *Journal of Materials Chemistry*, 22(48), 25380-25387.

Livage, J., Henry, M., & Sanchez, C. (1988). Sol-gel chemistry of transition metal oxides. *Progress in Solid State Chemistry*, 18(4), 259-341.

Maiyalagan, T., Jarvis, K. A., Therese, S., Ferreira, P. J., & Manthiram, (2014). A. Spinel-type lithium cobalt oxide as a bifunctional electrocatalyst for the oxygen evolution and oxygen reduction reactions. *Nature Communications*, 5.

Nesper, R., & Muhr, H. J. (1998). Nanotubes—an Outstanding Set of Nano Particles. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 52(10), 571-578.

Niederberger, M., Bartl, M. H., & Stucky, G. D. (2002). Benzyl alcohol and transition metal chlorides as a versatile reaction system for the nonaqueous and low-temperature synthesis of crystalline nano-objects with controlled dimensionality. *Journal of the American Chemical Society*, 124(46), 13642-13643.

Vioux, A. (1997). Nonhydrolytic sol-gel routes to oxides. *Chemistry of Materials*, 9(11), 2292-2299.

Zhang, Q., Uchaker, E., Candelaria, S. L., & Cao, G. (2013). Nanomaterials for energy conversion and storage. *Chemical Society Reviews*, 42(7), 3127-3171.

Zhang, X. F., Wang, K. X., Wei, X., & Chen, J. S. (2011). Carbon-coated  $\text{V}_2\text{O}_5$  nanocrystals as high performance cathode material for lithium ion batteries. *Chemistry of Materials*, 23(24), 5290-5292.



**ÁREA TECNOLOGÍAS  
AMBIENTALES  
TRABAJOS COMPLETOS**

## TABLA DE CONTENIDOS

01TCAm - EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SECUENCIADO POR LOTES (SBR) EN LA REMOCIÓN DE PPCPs: IBUPROFENO Y METILPARABENO.....	799
02TCAm - MONITOREO DE LA CALIDAD DEL EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO Y EMBALSE POTRERILLOS, MENDOZA.....	806
03TCAm - CALIDAD DEL AGUA EN ZONAS BAJO RIEGO. EL CASO DEL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA .....	815
04TCAm - TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE UN INGENIO Y OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE INTERÉS TECNOLÓGICO .....	823
05TCAm - DIAGNÓSTICO DE RESIDUOS DE ORIGEN FORESTAL PARA SU APROVECHAMIENTO. SALTA, ARGENTINA.....	829
06TCAm - ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHACO. ....	837
07TCAm - ESTUDIO DE LA GESTION INTEGRADA DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEEs) EN EL MARCO SUSTENTABLE. SALTA .....	844
08TCAm - OBTENCIÓN DE FAME POR VÍA ENZIMÁTICA UTILIZANDO ACEITE DEL COCO DE LA PALMERA ACROCOMIA ACULEATA Y ETANOL.....	851
09TCAm - REMOCION DE CROMO HEXAVALENTE UTILIZANDO QUITOSANO RETICULADO, OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE CRUSTÁCEOS .....	858
10TCAm - ESTUDIOS DE ADSORCION DE NONILFENOL POLIETOXILADO EN CARBÓN ACTIVO Y LIGNITO EN AGUAS PREVIAMENTE TRATADAS CON TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	865
11TCAm - CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE NONILFENOL ETOXILADO EN CARBÓN ACTIVO Y LIGNITO EN AGUAS RESIDUALES .....	873
12TCAm - DESARROLLO DE MEMBRANAS DE QUITOSANO RETICULADAS A PARTIR DE <i>PENAEUS SETIFERUS</i> CON ÁCIDO CÍTRICO PARA LA ELIMINACIÓN DE IONES DE CADMIO ( $\text{Cd}^{2+}$ ) Y PLOMO ( $\text{Pb}^{2+}$ ) EN SOLUCIONES ACUOSAS.....	880
13TCAm - AGRESIVIDAD Y APTITUD PARA RIEGO DE EFLUENTES DE INDUSTRIAS FRUTIHORTÍCOLAS Y VITIVINÍCOLAS.....	888
14TCAm - APLICACIÓN DE GEOTECNOLOGIAS PARA LA DELIMITACION Y ANALISIS DE FUENTES DE ARENA EN EL VALLE DEL BERMEJO. ....	895
15TCAm - PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR LODOS ACTIVADOS A PARTIR DE SUERO DE QUESO.....	902
16TCAm - MODELADO DEL EFECTO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR SOBRE EL DESEMPEÑO DE UN REACTOR BATCH SECUENCIAL DURANTE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....	909
17TCAm - EVALUACIÓN DE LAS CINÉTICAS DE DEGRADACIÓN DE UN EFLUENTE TEXTIL REAL .....	917
18TCAm - ESTUDIO DE LA MICROESTRUCTURA DE MEZCLAS DE ALMIDÓN DE MAÍZ TERMOPLÁSTICO Y POLI( $\epsilon$ -CAPROLACTONA).....	925
19TCAm - GESTIÓN DEL RIESGO EN LA GASIFICACIÓN TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA .....	932

20TCAm - GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA .....	939
21TCAm - ESTUDIO DE MERCADO REFERIDO A IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS .....	946
22TCAm - TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO HIERRO CERO VALENTE EN UN REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO .....	957
23TCAm - MODELO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TARTRAZINA MEDIANTE PROCESOS ELECTROQUÍMICOS .....	964
24TCAm - TECNOLOGÍA DE SENSORAMIENTO REMOTO PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CALEFONES SOLARES .....	969
25TCAm - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICO COMO PARTÍCULAS AGLOMERADAS, OBTENIDO DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA .....	977
26TCAm - Cinética y estequiometría de la dEGRADACIÓN aerobia DE BISFENOL A Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS POR BARROS ACTIVADOS .....	984
27TCAm - DECONTAMINACIÓN DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DEL ACEITE DE OLIVA MEDIANTE EL TRATAMIENTO CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA .....	992
28TCAm - VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EXERGÉTICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN .....	998
29TCAm - BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS .....	1005
30TCAm - DELIGNIFICACIÓN POR HONGOS DE PUDRICION BLANCA DE ASERRÍN PARCIALMENTE TRATADO CON PROCESO ORGANOSOLV .....	1012
31TCAm - SELECCIÓN DE CEPAS DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA CON HABILIDAD DECOLORANTE .....	1019
32TCAm - ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE MUESTRAS DE CARBÓN ACTIVADO PREPARADO A DISTINTAS TEMPERATURAS DE CARBONIZACIÓN Y DE SU PERFORMANCE EN PROCESOS DE ADSORCIÓN .....	1027
33TCAm - PROPUESTA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS DEL RIO MENDOZA PARA LA CONSTRUCCIÓN NATURAL DE VIVIENDAS CON TECNOLOGIA DE QUINCHA. ....	1035
34TCAm - PRIMER RELEVAMIENTO DE NIVELES SONOROS URBANOS EN EL MICROCENTRO DE POSADAS, MISIONES .....	1043
35TCAm - EVALUACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS INDICADORES DE BIODEGRADABILIDAD EN UN COMPOST DE MEZCLAS DE ALPEORUJO DE ACEITUNA .....	1050
36TCAm - MODELADO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN TERMOTANQUES SOLARES HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES BAJO EXIGENCIAS NORMALES DE USO .....	1058
37TCAm - ANTIOXIDANTES NATURALES EN SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS DE INDUSTRIAS REGIONALES MENDOCINAS. ....	1068

## **01TCAm - EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SECUENCIADO POR LOTES (SBR) EN LA REMOCIÓN DE PPCPs: IBUPROFENO Y METILPARABENO**

**LONDOÑO, Y. A. <sup>1</sup>; PEÑUELA, G. <sup>1</sup>**

**1. Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, calle 70 No 52 -21.**

**E- mail: yudyandrea@gmail.com**

### **Resumen**

En este estudio se evaluó el efecto del Ibuprofeno (IBP) y el metilparabeno (MPB) a diferentes concentraciones empleando un sistema SBR. La experimentación se realizó individualmente para cada contaminante en 6 etapas de operación que incluyeron el arranque, la variación de cargas 300, 500 y 1000 µg/L (MPB o IBP) y los periodos intermedios de estabilización del sistema. Adicionalmente, se estudiaron algunos parámetros de caracterización del lodo como el IVL (Índice Volumétrico de lodos), SST (Sólidos suspendidos totales), SSV (Sólidos suspendidos volátiles), y la Vsed (Velocidad de sedimentación) con el fin de evaluar el efecto de los PPCPs sobre las poblaciones microbianas que conformaban el sistema de tratamiento.

Los resultados de remoción presentaron comportamientos diferentes para cada uno de los contaminantes. En el caso del MPB se observaron porcentajes de remoción > 96% para cada una de las etapas, mientras que para el IBP las remociones fueron decrecientes con el aumento en la concentración del analito con un valor máximo de remoción del 51%. Este comportamiento de remoción se vio igualmente correlacionado con el decaimiento en la eficiencia en la remoción del COD (carbono orgánico disuelto) y la pérdida de la biomasa en el tiempo, condición que reveló efectos de inhibición del IBP sobre las poblaciones microbianas del reactor.

### **Introducción**

En los últimos años, la presencia de productos de cuidado personal (PCPs) en diversos compartimientos ambientales se ha considerado como uno de los problemas ambientales más urgentes (Al-Odaini *et al.*, 2010; Kosma *et al.*, 2014). Estos compuestos son liberados al ambiente principalmente a través de las aguas residuales domésticas e industriales, debido a su carácter hidrófilo y baja eliminación en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Kosma *et al.*, 2014). La presencia de estos microcontaminantes orgánicos se ha reportado en aguas residuales, superficiales y subterráneas (Verlicchi *et al.*, 2010), detectándose en concentraciones que van desde los ng/L hasta los µg/L (Suárez *et al.*, 2012).

El compuesto ácido 2-(4-isobutil-fenil) propiónico, es el primero de los fármacos anti-inflamatorios no esteroideos disponible comercialmente como ibuprofeno (IBP) (Quero-Pastor *et al.*, 2014) y es uno de los ingredientes activos farmacéuticos más utilizados a nivel mundial (Ferrando-Climent *et al.*, 2012). Los parabenos son compuestos ampliamente utilizados como conservantes en una gran variedad de productos alimenticios, farmacéuticos y de cuidado personal debido a sus propiedades antifúngicas y bacterianas (Aubert *et al.*, 2012).

El amplio uso de estos compuestos ha permitido su presencia en diferentes matrices ambientales lo que ha generado una gran preocupación por los efectos que puede acarrear estos contaminantes a los ecosistemas naturales y a la salud de las personas. No obstante, la remoción de estos contaminantes de las aguas residuales no es plenamente eficiente (Kosma *et. al.*, 2014) debido a que los sistemas convencionales de tratamiento no han sido diseñados para su eliminación. Este hecho, ha conducido a realizar investigaciones para comprender los procesos de su degradación que permitan removerlos de la matriz residual. Es por esto, que en este trabajo se evaluó la respuesta de un sistema biológico SBR a nivel piloto en la remoción de diferentes cargas de IBP y MPB.

## Materiales y métodos

### Descripción del reactor SBR

El reactor SBR empleado en la experimentación fue construido en acrílico con un volumen efectivo de 5,5 L. El sistema (Figura 1) tiene 3 válvulas de cierre rápido de ½ pulgada, una ubicada en la parte inferior del reactor, la cual permitió la purga de lodos y las otras dos permitieron el ingreso y la salida del caudal tratado. El ingreso del afluente se realizó por medio de una bomba peristáltica con capacidad 6-600 RPM. El funcionamiento del sistema fue configurado a través de un controlador lógico programable (PLC) que permitió el desarrollo secuencial de cada una de las fases que compusieron el ciclo de operación del reactor.

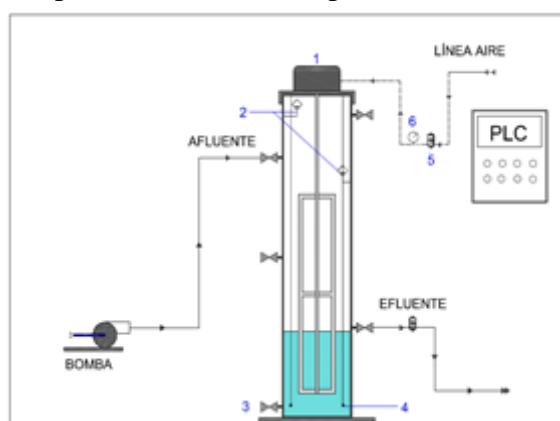


FIGURA 1. Representación esquemática del sistema SBR de estudio.

### Estrategia operacional

La estrategia operacional del sistema SBR se basó en la implementación de diferentes etapas caracterizadas con el aumento en la concentración de los PPCPs de estudio. En las etapas intermedias entre cada carga se dio lugar a periodos de operación sin la adición del contaminante con el fin de permitir un tiempo de estabilización y/o de recuperación de la biomasa. La concentración del COD aportada por la glucosa permaneció constante durante toda la experimentación. Las tablas 1 y 2 presentan el resumen de las condiciones operacionales de cada etapa.

**TABLA 1. Resumen de las condiciones operacionales del SBR bajo la aplicación de cargas de IBP.**

Etapas	I	II	III	IV	V	VI
Período (días)	1-76	77-94	95-103	104-118	119-126	127-144

COD (mg/L)	94 ± 3,1	214 ± 11,4	102 ± 10,4	271 ± 59,1	92 ± 6,0	353 ± 18,8
IBP (µg/L)	—	327 ± 23,8	—	515 ± 35	—	1255 ± 42,2

**TABLA 2. Resumen de las condiciones operacionales del SBR bajo la aplicación de cargas de MPB.**

Etapas	I	II	III	IV	V	VI
Período (días)	1-20	21- 38	39-49	50-64	65-80	81-96
COD (mg/L)	95 ± 5,5	120 ± 4,6	93 ± 1,8	122 ± 9,2	97 ± 3,9	146 ± 4
MPB (µg/L)	—	306 ± 17,5	—	460 ± 35,2	—	987 ± 65,6

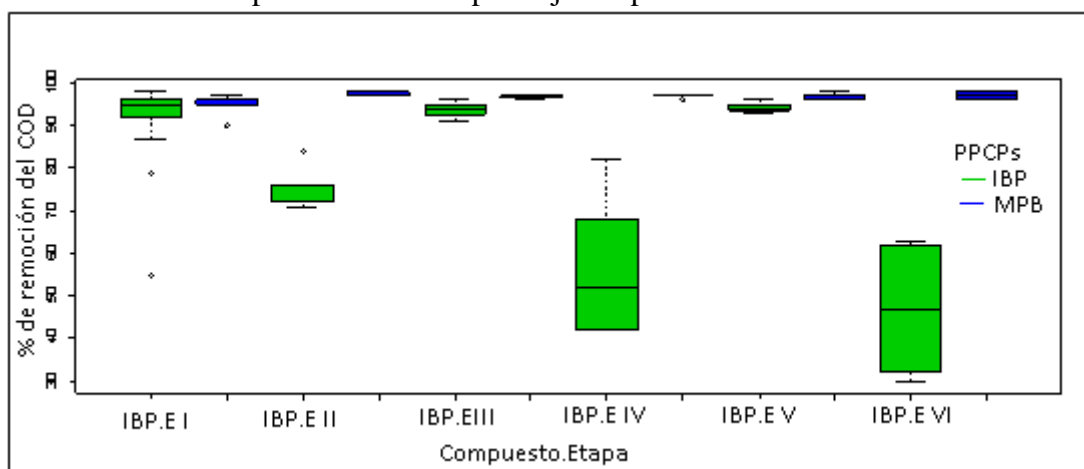
### Métodos analíticos

El carbono orgánico disuelto (COD), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos volátiles (SSV), pH y el índice volumétrico de lodos (IVL) fueron realizados en el laboratorio del grupo GDCON, acreditado por el IDEAM (el cual pertenece al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia), de acuerdo a los protocolos establecidos en el Standard Methods (APHA 2012). La cuantificación del MPB y el IBP se realizó por cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas por lectura directa empleando una columna ACQUITY UPLC BEH C18, 2.1 x 50mm y 1.7µm tamaño de partícula, el flujo de la fase móvil fue 0.3 mL/min y un tiempo de retención de 12.7 minutos.

### Resultados y discusión

#### Rendimiento del reactor para las etapas I, III y V

La etapa I con la aplicación de cargas de IBP fue la que tuvo el mayor periodo de operación. En esta etapa, se dio el tiempo de arranque y optimización del sistema luego de ser construido y ensamblado. Las concentraciones de COD en el afluente del sistema fueron similares para estos periodos, ya que la glucosa fue la única fuente de carbono orgánico disponible. Por otra parte, los porcentajes de remoción del COD más altos alcanzados en la operación del reactor SBR bajo la aplicación de IBP se presentaron para estas etapas con promedios de remoción > 91%. En el caso de la experimentación con diferentes cargas de MPB se lograron, igualmente, altos porcentajes de remoción de COD con valores > 95%. La figura 2 muestra el comportamiento del SBR en la remoción del COD para todas las etapas bajo la aplicación de MPB e IBP.



## **FIGURA 2. Comportamiento en la remoción de COD para el IBP y el MPB en las diferentes etapas de operación del sistema SBR.**

En general, altos porcentajes de remoción del COD han sido reportados en diferentes investigaciones en la aplicación de sistemas SBR en el tratamiento de afluentes residuales. Moreno y Buitrón, 2002, reportaron porcentajes de remoción del COD del 95%, en el tratamiento de aguas residuales industriales, Suresh *et al.*, 2011, reportaron remociones del 97.3% en el tratamiento de aguas residuales de acuicultura, y Ben *et al.*, 2009, reportaron remociones del 97.3% en el tratamiento de aguas residuales porcinas. Para este estudio, se encontraron porcentajes de remoción similares indicando condiciones operacionales adecuadas.

### **Rendimiento del reactor para las etapas II, IV y VI**

Estas etapas se caracterizaron por la aplicación de cargas de IBP y MPB en orden creciente de concentración. Con la aplicación de las diferentes cargas de MPB, los porcentajes de remoción del COD no presentaron efectos negativos en el sistema ya que se alcanzaron valores promedio de remoción  $> 97\%$ , que son similares a las etapas en las que no se aplicó el contaminante. Adicionalmente, son porcentajes de remoción coherentes con los reportados para la eliminación del COD con estas tecnologías, condición que muestra que la aplicación del MPB no generó condiciones de inestabilidad del sistema. El ensayo bajo la aplicación de diferentes cargas del IBP (Figura 2) presentó promedios de  $75 \pm 5,6\%$ ,  $57 \pm 17,5\%$ ,  $47 \pm 15,9\%$  para las etapas II, IV y VI, respectivamente. Estos resultados muestran un decaimiento en la remoción del COD con el aumento en la concentración del analito. Este comportamiento se explica debido a que el aumento en las cargas del IBP puede disminuir la tasa de degradación biológica del compuesto y generar efectos inhibitorios en el sistema, condición que se refleja en la remoción del COD (Collado *et al.*, 2012; Estevez *et al.*, 2014).

Un comportamiento similar se presentó en la remoción del IBP, ya que tuvieron una tendencia decreciente con el aumento de la carga del IBP registrando valores promedios de  $51 \pm 15,3\%$ ,  $26 \pm 16,6\%$  y  $16 \pm 5,4\%$  para las etapas II, IV y VI, respectivamente (Figura 3). Estos resultados mostraron un comportamiento similar al reportado por Collado *et al.*, 2012, quienes comprobaron que a mayor concentración del IBP, menor es el valor  $K_{biol}$ , y por ende, menor su remoción. Esta condición indica que los altos porcentajes de remoción de IBP reportados para sistemas de lodos activados, están relacionados con la concentración inicial del IBP. Carballa *et al.*, 2007, reportaron para sistemas de lodos activados remociones del IBP en el rango 60-70%, con una concentración inicial del analito en el afluente de  $0,14 \mu\text{g/L}$ . Reif *et al.*, 2011, para un sistema similar de lodos activados reportaron una remoción del 98% de IBP con una concentración inicial del analito a la entrada de la planta de  $7,5 \mu\text{g/L}$ . Lo anterior indica, que estos altos porcentajes de remoción en estos sistemas pueden ser debido a que la concentración del contaminante tratado es muy pequeña. Condición que no se puede interpolar para los resultados obtenidos en este estudio, debido a que las concentraciones evaluadas son significativamente más grandes. Adicionalmente, se resalta los aportes ofrecidos por Collado *et al.*, 2012, acerca del efecto de la carga del compuesto sobre la tasa de degradación del contaminante y la cantidad de población microbiana, quienes indican, que entre mayor sea la carga del IBP y menor sea la concentración de sólidos, menos eficiente es la remoción. Este planteamiento, explica los bajos porcentajes de remoción obtenidos con el aumento en la carga del compuesto.

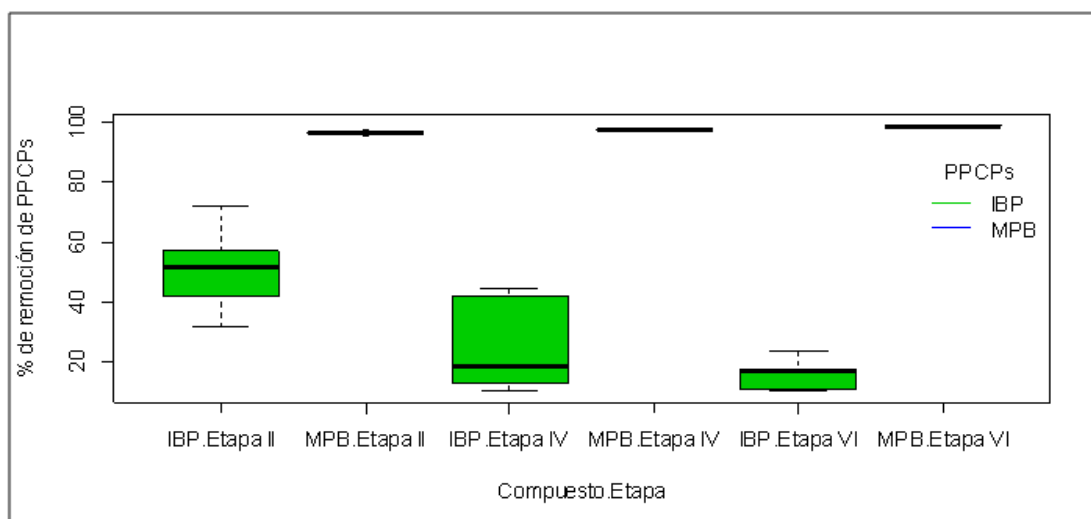


Figura 3. Comportamiento de la remoción del IBP y el MPB en el sistema SBR.

Por su parte, el comportamiento en la remoción del MPB (Figura 3), evaluado a idénticas cargas del IBP, presentó un comportamiento de remoción  $> 97\%$  para cada una de las cargas aplicadas. Estudios de remoción realizados para el MPB empleando sistemas biológicos han mostrado altas eficiencias. González *et al.*, 2011, reportaron remociones del 99.4%, y Fan and Wang, 2012, empleando un sistema de biofilm aireado lograron porcentajes de biodegradación de 95.5% de MPB. Los resultados obtenidos en este estudio muestran valores que concuerdan con los reportados para este compuesto, indicando que el MPB puede ser removido eficientemente en un sistema SBR bajo las condiciones operacionales empleadas.

### Conclusiones

La remoción del IBP en el sistema SBR bajo las condiciones operacionales aplicadas presentó porcentajes de remoción inferiores al 51%. Este porcentaje disminuyó significativamente con el aumento en la concentración del analito lo que demuestra que altas concentraciones del compuesto no es posible removerlas a las condiciones evaluadas en este estudio. Caso contrario, se observó para el MPB, con el cual se logró porcentajes de remoción superiores al 97%. Adicionalmente, el incremento en las concentraciones del analito no generó efectos negativos en el sistema de tratamiento. Contrario a lo esperado, el incremento en el contaminante mejoró la respuesta de operación del reactor.

### Agradecimientos

Los autores brindan agradecimientos al grupo GDCON y al fondo de Sostenibilidad 2014-2015 de la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Antioquia por la financiación de este proyecto.

### Referencias

Al-Odaini, N. A., Zakaria, M. P., Yaziz, M. I. and Surif, S. (2010). Multi-residue analytical method for human pharmaceuticals and synthetic hormones in river water and sewage effluents by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography. A*, 1217(44): 6791–806.



- APHA. 2012. *Standard Methods. For the Examination of Water and Wastewater*. 22 nd. edited by Eugene W Rice, Rodger B Baird, Andrew D Eaton, and Leonore S Clesceri. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Aubert N, Ameller T, Legrand J J. (2012). Systemic Exposure to Parabens: Pharmacokinetics, Tissue Distribution, Excretion Balance and Plasma Metabolites of [14C]-Methyl-, Propyl- and Butylparaben in Rats after Oral, Topical or Subcutaneous Administration. *Food and Chemical Toxicology*, 50:445–454.
- Ben W, Qiang Z, Pan X, Chen M. (2009). Removal of veterinary antibiotics from sequencing batch reactor (SBR) pretreated swine wastewater by Fenton's reagent. *Water Research*, 43(17):4392–402.
- Carballa M, Francisco O, Lema J. (2007). Calculation Methods to Perform Mass Balances of Micropollutants in Sewage Treatment Plants. Application to Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs). *Environmental science & technology*, 41(3):884–890.
- Collado, N., Buttiglieri, G., Ferrando-Climent, L., Rodriguez-Mozaz, S., Barceló, D., Comas, J., Rodriguez-Roda, I. 2012. Removal of ibuprofen and its transformation products: experimental and simulation studies. *The Science of the Total Environment*, 433:296–301.
- Estevez E, Hernandez-Moreno, J M, Fernandez-Vera J R, Palacios-Diaz M P. (2014). Ibuprofen Adsorption in Four Agricultural Volcanic Soils. *The Science of the total environment*, 468-469:406–414.
- Fan Ch, Wang H Ch. (2012). Degradation of Methyl Paraben by the Aerated Pebble-Bed Biofilm System. *APCBEE Procedia*, 1:299–303.
- Ferrando-Climent, L., Collado, N., Buttiglieri, G., Gros, M., Rodriguez-Roda, I., Rodriguez-Mozaz, S., Barceló, D. (2012). Comprehensive study of ibuprofen and its metabolites in activated sludge batch experiments and aquatic environment. *The Science of the Total Environment*, 438C:404–413.
- González I, Quintana J, Rodriguez I, Cela R. (2011). Evaluation of the Occurrence and Biodegradation of Parabens and Halogenated by-Products in Wastewater by Accurate- Mass Liquid Chromatography-Quadrupole-Time-of-Flight-Mass. *Water Res*, 45:6770–6780.
- Kosma, Ch I, Lambropoulou, D A, Albanis T A. (2014). Investigation of PPCPs in Wastewater Treatment Plants in Greece: Occurrence, Removal and Environmental Risk Assessment. *The Science of the total environment*, 466-467:421–438.
- Moreno J, Buitrón G. (2002). Optimización de Un Biorreactor Aerobio Para El Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. *Computación y Sistemas*, Número especial:074–082.
- Quero-Pastor M J, Garrido-Perez M C, Acevedo A, Quiroga J M. (2014). Ozonation of Ibuprofen: A Degradation and Toxicity Study. *The Science of the total environment*, 466-467:957–964.
- Reif R, Santos A, Judd S, Lema J, Omil F. (2011). Occurrence and Fate of Pharmaceutical and Personal Care Products in a Sewage Treatment Works. *Journal of environmental monitoring*, 13(1):137–144.
- Suárez, S., Reif, R., Lema, J. M. and Omil, F. (2012). Mass balance of pharmaceutical and personal care products in a pilot-scale single-sludge system: influence of T, SRT and recirculation ratio. *Chemosphere*, 89(2):164–71.

- Suresh S, Tripathi R, Gernal M N. (2011). Review on treatment of industrial wastewater using sequential batch reactor. *International Journal of Science Technology & Management*, 2(1):64–84.
- Verlicchi P, Galletti A, Petrovic M, Barcelo D. (2010). Hospital Effluents as a Source of Emerging Pollutants. *Journal of Hydrology* 389:416–428.

## **02TCAm - MONITOREO DE LA CALIDAD DEL EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO Y EMBALSE POTRERILLOS, MENDOZA**

**DROVANDI, A.<sup>1-2</sup>; ZULUAGA, J.<sup>1-2</sup>; BERMEJILLO, A.<sup>1</sup>; FILIPPINI, M.<sup>1</sup>;  
CÓNSOLI, D.<sup>1</sup>; VALDES, A.<sup>1</sup>; DEDIOL, C.<sup>1</sup>; MORSUCCI, A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) A. Brown 500 (5505) Chacrs de Coria,  
Luján de Cuyo. Mendoza. Tel. 0261-413-5010**

<sup>2</sup> **Centro Regional Andino (INA) Belgrano 210 (Oeste) 5500, Mendoza. Telefax  
0261-4288251**

**E-mail: adrovandi@ina.gob.ar**

### **RESUMEN**

A pesar de la estratégica ubicación del Embalse Potrerillos en la cuenca Norte de Mendoza, ni el embalse ni la cuenca del Río Blanco han sido estudiados exhaustivamente en función de la problemática de la contaminación del agua. Debido a las modificaciones que se han producido en el uso del suelo en la cuenca del Río Blanco durante los últimos años, en estudios desarrollados desde el año 2005 por este equipo de trabajo, de la FCA-UNCuyo y el INA-CRA, se ha informado acerca de modificaciones negativas tanto en aspectos cuantitativos como cualitativos del recurso hídrico, ocasionadas principalmente por el aumento de la actividad humana y el consecuente incremento de vertidos y residuos contaminantes. Entre los objetivos propuestos para el presente estudio se encuentran los de monitorear variables físico-químicas y biológicas del agua, así como realizar propuestas para una gestión más sustentable del recurso hídrico en el área. Con financiamiento del INA-CRA y de la SECTYP-UNCuyo para el bienio diciembre 2013 – diciembre 2015, se realizaron 8 muestreos entre diciembre de 2013 hasta el presente, en 9 puntos seleccionados de la cuenca del Río Blanco y Embalse Potrerillos. Para una mejor interpretación se analizó la tendencia desde agosto de 2012. Se determinaron parámetros como pH, CEA, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos, así como bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y termoresistentes. Los resultados se han comparado con la normativa adecuada, reportándose en general aguas con buenas características de calidad físico-química. Sin embargo, se ha determinado la presencia de bacterias coliformes totales y termoresistentes con valores que en general sobrepasan los límites del Código Alimentario Argentino para agua potable, lo que si bien no afectaría su uso para riego, constituye un potencial problema para la salud humana. Esto se explicaría por la influencia de desagües domiciliarios y por deposiciones de animales alrededor de los puntos muestreados, observándose picos de contaminación en los deshielos primaverales.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Parte del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Mendoza se realiza desde el Río Blanco. Para tal fin, en la zona de Potrerillos se han construido obras de toma y una planta de tratamiento para potabilizar el agua, la que se envía por un acueducto a la zona urbana de Mendoza. Cuando se construyeron estas obras, la población establecida en la zona de Potrerillos era escasa, como lo eran también el consumo de agua, desechos producidos y el impacto generado sobre el ambiente. Esa situación ha cambiado en las dos últimas décadas, en las que se ha incrementado significativamente la presencia de

población estable, sobre todo de fin de semana, para atender a una creciente demanda turística. Estas viviendas se abastecen de agua de vertientes y cursos superficiales pertenecientes a la cuenca del Río Blanco. Asimismo, la actividad humana que se desarrolla genera una cantidad creciente de residuos sólidos y líquidos contaminantes. Como consecuencia de ello, y debido a las modificaciones que se han producido sobre la geomorfología y el paisaje de la cuenca del Río Blanco, se presume que se estarían induciendo modificaciones negativas en los aspectos cuantitativos y cualitativos del recurso hídrico disponible en las obras de toma.

La entrada en operación del dique Embalse Potrerillos, ocurrida hace unos años, está influyendo significativamente en el proceso de desarrollo de la zona, incrementándose la presencia de loteos destinados a la construcción de casas de fin de semana, así como el desarrollo de campings. Por lo dicho, se torna imprescindible estudiar los impactos que se han venido produciendo sobre el ambiente y diagnosticar el impacto futuro. Para estos estudios se debe tener en cuenta, fundamentalmente, que el uso consuntivo de mayores volúmenes de agua en la zona de Potrerillos compromete la dotación actual al Gran Mendoza, así como la calidad del recurso hídrico.

## **2. OBJETIVOS**

Los principales objetivos fueron los de (i) relevar las fuentes de contaminación del recurso hídrico en la cuenca del Río Blanco; (ii) analizar la actual gestión del recurso hídrico en la cuenca; y (iii) proponer acciones para mejorar el manejo del agua.

## **3. METODOLOGÍA**

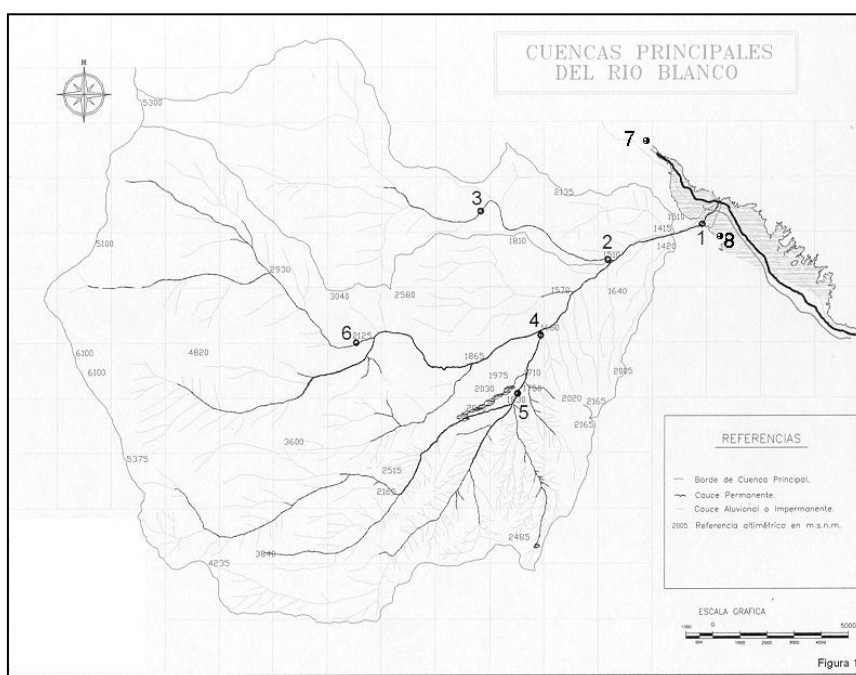
Existen varios asentamientos a lo largo de la subcuenca del Río Blanco, que se han instalado paulatinamente en la zona, perdiéndose de esta manera la actividad original agrícola y ganadera para convertirse en una zona con gran predominio turístico y poca ocupación permanente. Se observa una fuerte inclinación a la actividad turística, destacándose un acelerado proceso de cambio, advirtiéndose un crecimiento explosivo de la actividad de la construcción destinada al hospedaje temporario. A nivel de las urbanizaciones, se estima que se está produciendo la contaminación de las napas freáticas debido a la falta de servicios de saneamiento (cloacas y planta de tratamiento de efluentes). Las aguas servidas se tratan en pozos sépticos que percolan a las napas freáticas; la importante pendiente de la zona hace predecir que en un corto plazo esta contaminación llegará al embalse.

De la extensa red del sistema del Río Blanco originalmente se seleccionaron 6 sitios de muestreo, representativos del río y de sus principales afluentes: Alto Las Vegas, Vallecitos, Río Las Mulas, Alto Manantiales y Río Blanco. A partir de mayo de 2008 se agregaron dos sitios de muestreo más: uno en el Río Mendoza, antes de la cola del embalse, para evaluar la calidad del agua proveniente de la alta cuenca, y otro en el propio embalse, aguas abajo de la desembocadura del Río Blanco. En junio de 2009 se incorporó a la red de muestreo una perforación subterránea, que se abastece de agua freática a 9 m. de profundidad, denominada “Pozo Romero”. El principal objetivo de su incorporación es monitorear la presencia de contaminantes de tipo fecales en las aguas subterráneas. Además, a partir de noviembre de 2013 se incluyó una vertiente denominada “Los Manzanares”, de la que se abastece la población vecina al

Campamento de la Dirección Provincial de Vialidad, de agua para consumo. La figura 1 permite apreciar el área de estudio y los puntos de muestreo determinados.

In situ se determinó Conductividad Eléctrica (CE) con conductivímetro portátil marca Eijkelkamp, pH con pH-metro portátil marca Eijkelkamp, Temperatura con termómetro analítico, y Oxígeno Disuelto (OD) con medidor portátil. En laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones:

- Fosfatos: por el método colorimétrico del ácido salicílico (APHA, AWWA, WPCF, 1992), en espectrofotómetro HACH DR/2010, con kit correspondiente. Los resultados se expresaron como  $\text{mg PO}_4^{-3} / \text{dm}^3$ .
- Nitratos: se determinó por el método por reducción con cadmio, empleando kits del laboratorio HACH. Las lecturas se realizaron en espectrofotómetro de la misma empresa y se expresaron en  $\text{mgdm}^{-3}$ .
- Bacterias aerobias mesófilas: recuento en ágar por Standar Methods 9215.B (APHA, AWWA, WPCF, 1992)
- Bacterias coliformes totales: técnica del NMP (APHA, AWWA, WPCF, 1992)
- Bacterias termoresistentes: técnica del NMP (APHA, AWWA, WPCF, 1992)



Referencias: (1) Río Blanco; (2) El Salto; (3) Alto Manatiales; (4) A° Las Mulas; (5) Alto Las Vegas; (6) Vallecitos; (7) Río Mendoza; (8) Embalse Potrerillos

**FIGURA 1.** Área de estudio y puntos de muestreo

#### 4. RESULTADOS

En cuanto a pH, no se midieron valores inferiores a 6, lo que habría indicado influencia de vertidos contaminantes a los cauces. En todos los casos, los valores fueron inferiores a 8,5 (valor máximo para el desarrollo de vida acuática según (Tyller Miller, 1994)

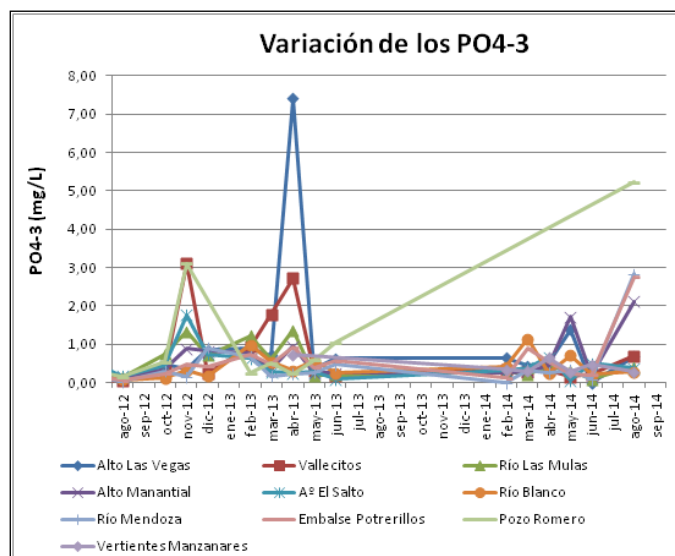
Respecto de los valores de CEA, las muestras extraídas de las nacientes de los arroyos, en los sitios de Alto las Vegas y Alto Manantiales, fueron las que manifestaron valores menores para este parámetro, no superándose los  $200 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , lo que indica que su salinidad es “baja” según la Clasificación de Riverside (Avellaneda et al, 2004), o “escasamente salina” según Wainstein (Avellaneda et al, 2004) En los restantes puntos, la salinidad se presentó como “moderada” o “levemente salina”, alcanzándose un valor máximo de alrededor de  $650 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , registrado en octubre de 2013 en el A° El Salto.

El Río Mendoza escurre por una cuenca geológicamente diferente a la del Río Blanco. Es por ello que los valores medios históricos de CEA oscilaron entre 700 y  $1200 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . En octubre de 2013 alcanzó un pico de  $1100 \mu\text{S.cm}^{-1}$  en coincidencia con los mínimos caudales en el río. Esa característica hidroquímica la transfiere a las aguas del Embalse Potrerillos. Es de destacar que el Río Mendoza, en los meses de septiembre de 2011 a mayo de 2012, presentó valores cercanos a los  $1200 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , algo inferiores a los del período mayo-agosto de 2010 (Drovandi et al, 2013) Ello se debería a que, según el DGI, el ciclo 2010-2011 fue considerado como “año seco” para la cuenca del Río Mendoza (55% del “año medio”) mientras que el 2011-2012 es considerado ciclo “pobre” (70% del “año medio”) al igual que los años 2013/2014. Las bajas precipitaciones nibeas harían disminuir los caudales y concentrar las sales.

En cuanto a Oxígeno Disuelto, sus valores también se presentaron como adecuados, superándose en varias oportunidades los 9 mg/l. Según Tyller Miller, un agua a  $20^{\circ}\text{C}$  es de buena calidad cuando presenta tenores de oxígeno superiores a dicho valor (100 % de saturación =  $9,2 \text{ mg/dm}^3$ ) mientras que, por el contrario, la misma estaría seriamente contaminada ante valores de OD inferiores a  $4 \text{ mg/dm}^3$  (44 % de saturación) Los valores de OD indican buenas condiciones para la autodepuración en el Embalse. El mayor valor medido fue de 9,83 en la muestra de Alto Las Vegas en junio de 2013.

Ninguno de los valores registrados para Nitratos superaron el límite máximo tolerable de  $45 \text{ mg.L}^{-1}$  dado por la Resolución N° 778 del Departamento General de Irrigación (DGI) Un dato alentador es que tanto en los muestreos del Río Mendoza como del Embalse Potrerillos los valores de Nitratos no superaron los  $2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Los valores de Fosfatos (ver Figura 2) se mostraron en general por debajo del límite máximo tolerable del DGI, de  $0,70 \text{ mg.l}^{-1}$ , lo cual se explica por la ausencia de vuelcos industriales a los cauces, pudiendo en este caso tener su origen solamente en desagües de tipo domiciliarios. Algunas muestras presentaron valores que superaron ese límite, como se registró en algunos puntos en el mes de noviembre de 2013, al igual que en abril de 2013 y en varios meses del año 2014. En algunos casos, los picos corresponden a que en el período primaveral aumenta la afluencia turística, por lo que tales datos estarían reflejando la incorporación de efluentes domiciliarios en toda la cuenca superior.



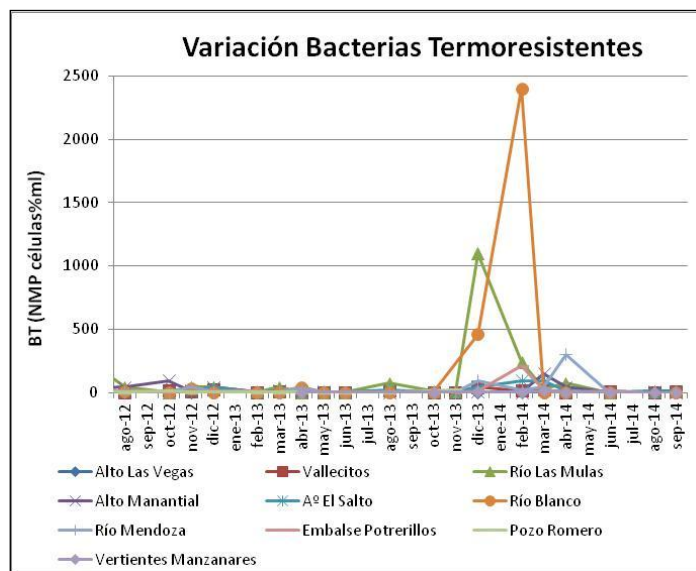
**FIGURA 2.** Variación de los valores de Fosfatos

El principal tema de contaminación en la zona lo constituyen los parámetros microbiológicos. Las bacterias aerobias mesófilas con frecuencia sobrepasaron ampliamente el valor límite dado por el Código Alimentario Argentino para agua potable (C.A.A. 1998) de 500 U.F.C./cm<sup>3</sup> en el Embalse Potrerillos y en el Río Mendoza, así como en el Río Las Mulas (picos de 50.000 en octubre de 2013, 150.000 en diciembre de 2013 y hasta valores superiores a 300.000 U.F.C./cm<sup>3</sup> en diciembre de 2012) superando el pico histórico anterior, de 10.000 U.F.C./cm<sup>3</sup> (Drovandi et al, 2013) lo que puede explicarse por su ubicación en el sector más bajo de la cuenca, donde se concentra la carga microbiana de aguas arriba. El embalse constituye un centro recreativo y de pesca para los habitantes del Gran Mendoza, por lo que no es extraño encontrar tales valores en sus aguas. El Río Blanco también mostró valores elevados para este parámetro, lo que también puede explicarse por su ubicación, en el sector más bajo de la cuenca, en donde se concentra la carga microbiana. Se destaca el pico de octubre de 2011 en Vallecitos, aguas abajo del centro de esquí. Es notable el aumento en el número de picos y en la carga microbiana respecto a las muestras de junio de 2009 y octubre de 2010 (Drovandi et al, 2013) Si bien el agua en la cuenca es distribuida para riego, en la práctica se emplea para otros usos (viviendas, aseo personal, lavado de alimentos, etc.) El pico registrado sobre el final del período de muestreo deberá ser corroborado analíticamente, aunque pareciera ser un dato erróneo del laboratorio.

Frecuentemente, las bacterias coliformes totales sobrepasaron el límite del CAA para agua potable (NMP = 2 bacterias/100 cm<sup>3</sup>) La mayor carga contaminante aparece entre octubre de 2013 y marzo de 2014 en el Río Blanco, Río Las Mulas y A° El Salto, destacándose que el sitio de muestreo en El Salto es el punto inferior de esa subcuenca y el uso del agua allí es para el riego de los parques de la planta de AySAM. Lo más alarmante corresponde al pico en el Río Las Mulas (punto más bajo de la subcuenca) y al muestreo del Río Blanco, que corresponde al punto de vuelco de este cauce al embalse Potrerillos. Se superan notablemente los valores de los muestreos de los últimos años (Drovandi et. al, 2013) Con respecto al embalse, el pico del mes de febrero de 2014 supera ampliamente los registros de los últimos cuatro años.

Respecto de la perforación que extrae agua freática para consumo humano (pozo Romero) su electrobomba está dañada desde agosto de 2013. Se espera que entre en funcionamiento nuevamente en octubre de 2014. En los muestreos anteriores a la rotura de la bomba no se determinaron picos como el máximo registrado previamente, de 24.000 bacterias/100 cm<sup>3</sup>. La importancia de este punto de muestreo es que se extrae agua freática contaminada por los pozos sépticos de las casas de los alrededores.

Respecto de las bacterias termoresistentes (Figura 3) todos los resultados sobrepasaron el límite fijado por el Código Alimentario Argentino para agua potable, de “ausencia” en 100 cm<sup>3</sup> (C.A.A., 1998) Estas bacterias muy esporádicamente pueden causar enfermedades y están presentes en las heces. Su presencia en agua indica una descarga de materia fecal, lo cual supone que junto a ellas pueden encontrarse microorganismos patógenos, peligrosos para la salud humana (Stocker, 1981) En el área de estudio, el agua destinada al riego se emplea para consumo humano sin tratamiento previo, tanto por parte de obreros rurales como por los acampantes a la orilla del río; ello indica un riesgo potencial del curso como transmisor de enfermedades de origen fecal. De igual forma se pueden transmitir esas enfermedades al regar con agua contaminada cultivos de hoja, en contacto directo con el agua y que son consumidos crudos. En febrero de 2014 en El Salto (parte baja de la cuenca) se alcanzaron valores mayores a 2000 NMP/100 cm<sup>3</sup>, mientras que en diciembre de 2013 se alcanzaron valores de casi 500 NMP/100 cm<sup>3</sup> en el Río Blanco. En el embalse se registraron valores de 750 NMP/100 cm<sup>3</sup> en marzo de 2012. Los altos valores registrados para coliformes totales y termoresistentes se deberían a la influencia de desagües domiciliarios sobre el acuífero freático.



**FIGURA 3.** Variación de los valores de bacterias termoresistentes

## 5. CONCLUSIONES

Una visión integral sobre los resultados obtenidos en el presente estudio respecto del contenido de sales totales, permite aseverar que las aguas de la cuenca del Río Blanco pertenecen a la categoría “2” (salinidad moderada) según la clasificación de Riverside



modificada por Thorne y Peterson (Avellaneda y otros, 2004) De acuerdo a la clasificación local de Wainstein (Avellaneda y otros, 2004), pertenecen a la categoría “2” (aguas levemente salinas) lo que las hace aptas para el riego de todos los cultivos. Por su parte, las aguas del Río Mendoza y del Embalse Potrerillos pertenecen a la categoría “3” (salinidad mediana) según la clasificación de Riverside modificada por Thorne y Peterson, mientras que según la clasificación local de Wainstein pertenecen a la categoría “3” (salinidad moderada) Estos valores son característicos de la cuenca del Río Mendoza, que escurre por estructuras geológicas diferentes que las del Río Blanco.

Si se analiza el pH, se observa que en todos los casos los valores fueron inferiores a 8,5 (valor máximo admisible para el desarrollo de vida acuática) En cuanto al oxígeno disuelto, los valores medidos se mostraron como adecuados, y en varias oportunidades los mismos superaron los 9 mgL-1. En cuanto a los Nitratos, en general los valores encontrados no superaron el límite máximo tolerable de 45 mg.LL-1 (Resolución N° 778 del DGI) En los muestreos del Río Mendoza y del Embalse Potrerillos los valores de Nitratos no superaron los 2 mg.L-1. Los valores de Fosfatos en general también se mostraron por debajo del límite máximo tolerable de 0,70 mg.L-1. En algunos casos, los valores superaron dicho límite correspondiendo a épocas de gran afluencia turística en la zona. Debe hacerse notar que los valores de Fosfatos en lo que va del año 2014 superan en intensidad y frecuencia a los tenores registrados durante los últimos 4 años.

El principal problema de calidad del agua en la cuenca del Río Blanco radica en la contaminación microbiológica. A pesar de esta afirmación, puede decirse que el agua es apta para el riego de cultivos de hoja que se consumen crudos, así como para frutales regados por aspersión y pasturas en general (estos cultivos se denominan “tipo A” en las directrices sobre calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura para riego restringido, ACRE) Esta afirmación se basa en que las muestras analizadas en general mostraron valores por debajo de 1.000 bacterias termoresistentes por centímetro cúbico (Drovandi et al, 2013) Sin embargo, durante el presente período de muestreo, se han detectado valores superiores al antes mencionado.

Resulta importante resaltar que dichas aguas no son aptas para usos tales como el doméstico, bebida de animales o recreación, ya que no cumplen con las normas del CAA. Además, dichas aguas no serían siquiera aptas para el riego. A diferencia de lo registrado en muestreos del año 2008, en que se manifestó una alta contaminación en la alta cuenca, con valores que llegaron a los 240.000 UFC/cm<sup>3</sup> (Zuluaga et al, 2009) en este caso los mismos no alcanzaron registros tan elevados. En cuanto a las aguas del Embalse Potrerillos, se aprecia con mucha frecuencia que las Bacterias Aerobias Mesófilas, Coliformes Totales y Termoresistentes han sobrepasado ampliamente los valores límite dados por el Código Alimentario Argentino (C.A.A. 1998) para agua potable. Este cuerpo de agua constituye un importante centro recreativo para los habitantes del Gran Mendoza, por lo que no sería inusual encontrar dichos valores en sus aguas, lo que puede explicar algunos valores medidos por encima de los límites en las aguas del Río Mendoza, ya que algunos muestreos han sido realizados aguas abajo de estaciones donde se practican deportes acuáticos como el rafting.

La incorporación al presente estudio de datos de calidad de agua de una perforación en la zona de El Salto (Pozo Romero) que extrae agua freática de una profundidad de 9 m,

ha permitido verificar la presencia de bacterias coliformes totales y termoresistentes. Su origen provendría de desagües domiciliarios que contaminan el acuífero freático. Ello se observa en los análisis microbiológicos, donde las bacterias termoresistentes oscilaron en varios casos cerca de los 30 NMP/100 cm<sup>3</sup> en varias ocasiones (Drovandi et al, 2013), mientras que en diciembre de 2010 se llegó a un pico de 230 NMP/100 cm<sup>3</sup>. Lo alarmante de esta situación es que, además del incremento de la carga contaminante, dicha perforación ha sido empleada para extraer agua para abastecimiento domiciliario.

A nivel general, puede finalmente decirse que la carga contaminante aumenta desde las nacientes hasta la desembocadura del Río Blanco, en el embalse de Potrerillos, resultando ser los afluentes más contaminados los arroyos Las Mulas y El Salto. La actividad antropogénica es la principal causa de contaminación del sistema, por lo que una eficiente policía del agua que haga cumplir la reglamentación destinada al vuelco de efluentes por parte de los usuarios particulares, y una oportuna planificación del mantenimiento, adecuación y construcción de plantas de tratamiento de efluentes, evitará que los arroyos se transformen en colectores de aguas contaminadas. Se logrará así, impedir numerosos procesos de degradación que no sólo contaminan la cuenca de este río, sino que harán peligrar la calidad del agua almacenada en el Embalse Potrerillos.

Es aconsejable continuar con los muestreos en el Río Mendoza antes de su ingreso al Embalse Potrerillos, y dentro de éste aguas abajo de la desembocadura del Río Blanco, ya que se han observado importantes picos de contaminación por bacterias termoresistentes. También es recomendable continuar con el monitoreo de la calidad del agua freática en el pozo Romero. Como recomendación a corto plazo, se deberían alambrar los sectores de captación del agua, para impedir el ingreso de animales y disminuir así la carga microbiana. También se deberían completar las obras de potabilización para disponer de agua apta para consumo humano. Es recomendable realizar inspecciones con mayor frecuencia en establecimientos que ofrecen actividades deportivas, tanto de invierno (esquí); como de verano (rafting) instalados a orillas de los ríos, ya que contaminan el agua con desechos domiciliarios. El período más crítico es el de primavera, donde a la actividad turística que se desarrolla a la orilla de arroyos y ríos se le suma la fusión nival, que arrastra a los cauces las heces de animales que pastorearon en la alta cuenca en el verano anterior. Le siguen en importancia las vacaciones de invierno, las de verano y los fines de semana largos.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- APHA - AWWA - WPCF (1992) "Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales"; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.
- Avellaneda M., A. Bermejillo y L. Mastrantonio (2004) "Aguas de Riego". Ediunc. Mendoza
- Centro de Estrategias Territoriales para MERCOSUR (CETEM) Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo y Municipalidad de Luján de Cuyo (2003) "Plan estratégico de acción para la gestión integrada y el desarrollo sostenible de Luján de Cuyo".
- Código Alimentario Argentino (1998) Ediciones Marzochi. Argentina.
- Departamento General de Irrigación (1996). "Resolución N° 778. Reglamento general para el control de contaminación hídrica". Mendoza.

- Drovandi, A. et al (2013) "Monitoreo de la contaminación del agua en el embalse Potrerillos y cuenca del Río Blanco. Provincia de Mendoza". CONAGUA 2013. San Juan, Argentina, del 14 al 18 de octubre de 2013.
- EPA (1994) Method 8141A "Organophosphors compounds by gas chromatography: capillary column technique". En: <http://www.epa.gov/sw-846/8000b.pdf>
- EPAS (1996) "Normas de calidad de agua para Mendoza". Ente Provincial del Agua y el Saneamiento. Mendoza
- Stocher, H., S. Seager(1981) "Química ambiental. Contaminación del aire y del agua". Ed. Blume. Barcelona, España.
- Tyller Miller, G. (1994) "Ecología y Medio Ambiente". Ed. Iberoamericana. México
- Zuluaga, J. et al (2009) "Monitoreo de la contaminación del recurso hídrico en la cuenca del Río Blanco, Mendoza". XXII Congreso Nacional del Agua. Trelew, Provincia de Chubut. Noviembre de 2009.

## **03TCAm - CALIDAD DEL AGUA EN ZONAS BAJO RIEGO. EL CASO DEL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA**

**ZULUAGA, J.<sup>1-2</sup>; REARTE, E.<sup>1</sup>; DROVANDI, A.<sup>1-2</sup>; BERMEJILLO, A.<sup>1</sup>; FILIPPINI, M.<sup>1</sup>; CÓNSOLI, D.<sup>1</sup>; VALDES, A.<sup>1</sup>; MORSUCCI, A.<sup>2</sup>; PEREYRA, M.<sup>3</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) A. Brown 500 (5505) Chacrs de Coria, Luján de Cuyo. Mendoza. Tel. 0261-413-5010**

**2. Centro Regional Andino (INA) Belgrano 210 Oeste (5500) Mendoza. Telefax 0261-4288251 E-mail: jzuluaga@ina.gov.ar**

**3. Inspección Desaguantes Industriales Colector Pescara. Carril Godoy Cruz 7968 (CP 5525) Los Corralitos, Guaymallén, Mendoza. Telefax 0261-4910498**

### **RESUMEN**

En las últimas décadas, el Oasis Norte de Mendoza ha soportado un gran crecimiento urbano-industrial, donde no siempre se depuran correctamente los efluentes, sumado a los efectos de un tipo de agricultura intensiva. En este oasis se encuentra el “Cinturón Verde”, que demanda grandes cantidades de agua para riego, plaguicidas y fertilizantes, cuyos excesos se lixivian hacia los acuíferos, y superficialmente provocan un impacto negativo aguas abajo, donde el recurso se usa para riego y consumo humano. Esta zona es monitoreada por este grupo de investigación desde 1999. En este trabajo se evaluaron parámetros de calidad del agua de riego superficial y subterránea, así como de drenaje a lo largo del ciclo agrícola. Con financiamiento del INA-CRA y de la SECTYP-UNCuyo para el bienio diciembre 2013 – diciembre 2015, se han realizado hasta el presente un total de 7 muestreos en 11 sitios diferentes, para evaluar nitratos, fosfatos, pH y CEA. Se analizaron las relaciones existentes entre los diversos parámetros que determinan la calidad del agua, permitiendo dar recomendaciones para un manejo más sustentable del área. Para una mejor interpretación se analizó la tendencia desde agosto de 2012. En general, los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8, siendo estos valores característicos de las aguas de Mendoza. Las aguas analizadas se pueden agrupar en tres de las categorías de Riverside. Las subterráneas, con los menores valores de salinidad, pertenecerían a la categoría C3. Las de drenaje corresponden a la categoría C4, excluyendo al Arroyo Leyes, que alcanza los mayores valores de salinidad (categoría C5) Analizando RAS y CEA, a este punto le corresponde la categoría C5S1, de “baja peligrosidad sódica y muy alta salinidad”. El resto de las aguas, en general, se encuentran en la categoría C3S1, de “salinidad media a alta y baja peligrosidad sódica”, cuyo uso para el riego debería restringirse a suelos de moderada a buena permeabilidad y en cultivos de mediana tolerancia a la salinidad.

### **INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos tiempos, el Oasis Norte de Mendoza viene soportado un gran crecimiento urbano-industrial, en el que no siempre se depuran correctamente los efluentes, sumado a los efectos de un tipo de agricultura intensiva. Dentro de este oasis se encuentra una zona especializada en la producción de hortalizas, el “Cinturón Verde”, ubicado alrededor de la Ciudad, que demanda grandes cantidades de agua para riego, como así también importantes aportes de plaguicidas y fertilizantes (Pizzi *et al*,

1997) cuyos excesos lixivian hacia los acuíferos, provocando un impacto negativo en zonas ubicadas aguas abajo, en las que se usa el recurso para riego y consumo humano.

A partir del año 2003, la puesta en funcionamiento de la presa Embalse Potrerillos ha producido un sustancial cambio en el manejo del riego. Por un lado se modificaron las entregas de agua en los meses de primavera, lográndose paliar los habituales déficit de ese periodo, pero se ha modificado la recarga del acuífero, que constituye la fuente más importante de abastecimiento del sector Este del Cinturón Verde. Además, se ha modificado la calidad del recurso al desaparecer casi en su totalidad los sólidos en suspensión, provocando un aumento de infiltración en gran parte de los canales, modificándose así el drenaje de las tierras agrícolas y aumentando la salinidad de los suelos (Zuluaga et al, 2007) La hipótesis general de esta investigación se basa en que desde las actividades agrícolas y urbano-industriales se generan efluentes y residuos contaminantes que provocan efectos negativos sobre el agroecosistema de la zona.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general del trabajo fue evaluar la calidad del agua de riego superficial, subterránea y de drenaje a través del estudio de la variación de los distintos contaminantes de este agroecosistema a lo largo del ciclo agrícola en el Cinturón Verde de Mendoza a través del monitoreo periódico de los parámetros salinidad, pH, nitratos y fosfatos. Como objetivos específicos se mencionan los de monitorear periódicamente los contaminantes más importantes, como nitratos, fosfatos, pH, CEA y RAS, analizar las relaciones existentes entre los diversos parámetros que definen la calidad de agua de uso agrícola y dar recomendaciones para el manejo sustentable del agua en la zona.

## **METODOLOGÍA**

La zona de estudio pertenece al área administrada por la Asociación de Inspectores de la 3ra Zona de Riego del Río Mendoza, en donde se ubica el Cinturón Verde del área metropolitana, caracterizado por la producción intensiva de hortalizas. El área recibe en forma permanente los aportes de vertientes y, eventualmente, desagües industriales, pluviales y de drenaje. Hay un gran aporte de agua subterránea en el período de mayo a octubre y se reciben refuerzos de dotación desde el Río Mendoza. El aporte de aguas de vertientes se realiza a través del canal Vertiente Corralitos, del Arroyo Fernández y del Canal Tulumaya, sistema que se une al canal Chachingo por el canal Lechería. El área recibe los aportes de vertientes y desagües industriales, pluviales y de drenaje.

A nivel de propiedades, el muestreo usado fue estadístico aleatorio, teniendo en cuenta aquellas propiedades que emplean agua superficial y subterránea. Se tomaron muestras de agua en puntos correspondientes a cuatro sectores que se analizarán en forma independiente y luego en conjunto: Canal Pescara, Canal Chachingo, aguas de drenaje y aguas de origen subterráneo. Su ubicación puede apreciarse en la Figura 1.



**FIGURA 1. Área de estudio y puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo sobre el Canal Pescara fueron (R) al ingreso en la intersección con la Ruta N°60; (P) en la entrada del canal Pescara a la zona, en la intersección con Carril Nacional; (M) salida de planta de tratamiento de residuos industriales del DGI (desde junio 2013) y (B) al final del área de estudio, en el punto llamado Becasés.

Los puntos de muestreo sobre el Canal Chachingo o Canal Vertientes Corralitos fueron (R) al ingreso en la intersección con Ruta N°60; (PB) en la intersección del carril Nacional, donde ingresa al cinturón verde; (CH) en el tramo medio, frente a la villa de Corralitos; y (M) al final de su recorrido, donde nace la Higuera Montenegro.

Los puntos de muestreo en aguas de drenaje fueron (F) dren ubicado al inicio del sistema, en finca Fuster (aguas de reuso agrícola); (L) en el Arroyo Leyes, a la altura de la Escuela Las Violetas; (D) en el dren ubicado en la finca El Monte Negro, donde se encuentra una red de drenaje subterráneo en que se puede medir la calidad del agua que egresa de los drenes parcelarios antes de ingresar al Arroyo Leyes.

En aguas de origen subterráneo, los puntos de muestreo fueron (P1) perforación ubicada en la finca El Monte Negro, que se abastece del 1er nivel del acuífero semiconfinado, a unos 40 metros de profundidad; (S1) surgente ubicado en el primer nivel de explotación, ubicado en la finca García, que extrae agua del acuífero confinado; (P2) pozo para riego ubicado en la finca El Monte Negro, a 160 mt. de profundidad, extrayendo agua del mismo acuífero que la perforación del D.G.I., construida en el año 2001 al inicio del Canal Montenegro, para refuerzo de la dotación en años secos. De este punto se dispone de pocos datos debido a su escaso uso dada la abundancia de agua superficial en los diez años anteriores, aunque en los 3 últimos ciclos, debido a la escasez de nevadas en cordillera, fue más utilizado.

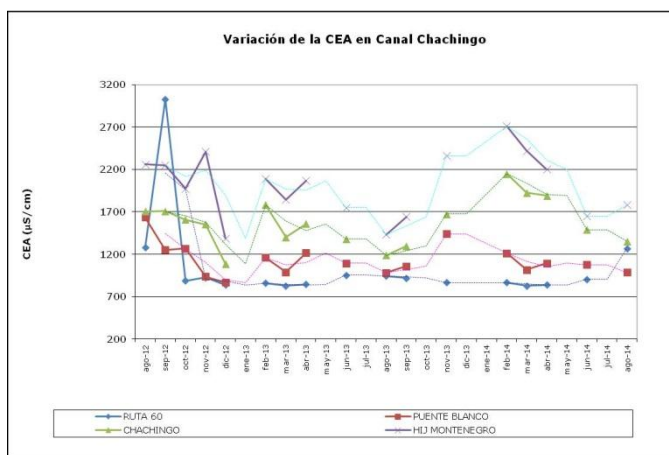
A campo se midió conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto. Se tomaron muestras de agua en cada punto, una para precisar el análisis de pH y CEA en

laboratorio. En la otra, en laboratorio, se valoró: salinidad total a través de la CEA, pH, RAS, NO<sub>3</sub>- (método colorimétrico por HACH) y PO<sub>4</sub>-3 (con sulfo-vanado molíbdico)

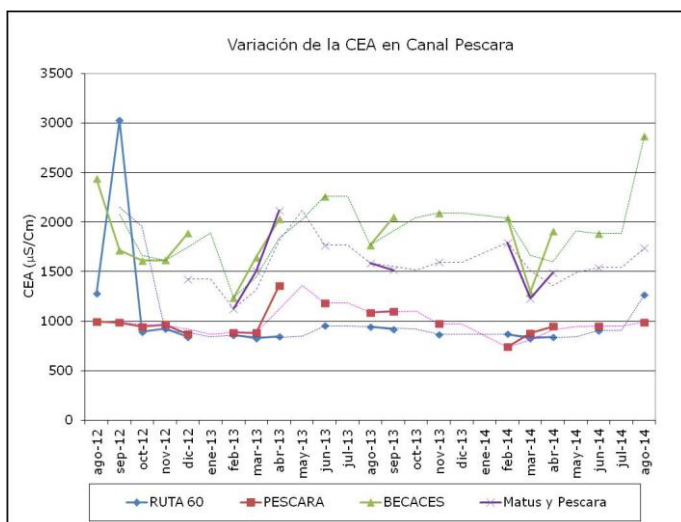
## RESULTADOS

Casi todos los valores de pH, en aguas de origen superficial, subterráneo y de drenaje, estuvieron comprendidos entre 6 y 8,5 (característicos de las aguas naturales de Mendoza) Las únicas excepciones se dieron en la muestra de marzo de 2014 en el sitio “Puente Blanco”, que recibe los vertidos de varias industrias agroalimentarias. Este valor se ubica por debajo de 6. El otro caso se produjo en marzo de 2013 en el sitio Matus y Pescara, aguas abajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales. Las aguas de perforaciones, tanto surgentes como subterráneas, presentaron poca variación de pH en el tiempo, con valores entre 7 y 8. En el período analizado, a partir de marzo de 2009, los valores de pH no mostraron picos extremos, como se observara en períodos anteriores, previo a la regulación del Embalse Potrerillos (Zuluaga et al., 2007)

Analizando los contenidos salinos en los canales de riego se destaca el Canal Chachingo (Figura 2), en el que en su recorrido desde la Ruta 60 hasta el nacimiento de la Hijaleta Montenegro, solamente los valores correspondientes a la Hijaleta Montenegro superaron los 1800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Resolución 778/DGI), lo cual indica un desmejoramiento de la calidad de este cauce, ya que en el bienio 2009-2011 nunca se había superado dicho valor (Zuluaga et al, 2013) La particularidad del actual ciclo agrícola es que la Hijaleta Montenegro ha recibido escasos caudales debido a la emergencia hídrica. En los muestreos en canal Pescara (Figura 3) en su tramo final (Becases) también se superó el máximo tolerable de 1800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  establecido por la Resolución 778/96 del DGI para el vertido de efluentes. Las determinaciones en el punto denominado Matus y Pescara, aguas abajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales, indican que en general no se superó la normativa, y que la planta cumple con su objetivo de calidad para riego.



**FIGURA 2. Variación de los valores de CEA en el Canal Chachingo**



**FIGURA 3. Variación de los valores de CEA en el Canal Pescara**

Respecto a las aguas de drenaje, los valores registrados en el sitio “Fuster”, correspondientes a este dren parcelario, en donde se vierten sus aguas en el inicio del sistema a un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo, los valores se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de la normativa. Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes, que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego de muchas fincas del Departamento de Lavalle. En él los valores máximos llegaron a algo más de 6000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en noviembre de 2012, mayor que el pico máximo anteriormente registrado, de 5000 de abril de 2010 (Zuluaga et al, 2013), y registrando en general valores elevados, por encima de lo normado, significando una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con este recurso. La otra particularidad es que en febrero, marzo y diciembre de 2012, y julio y noviembre de 2013 el Arroyo estaba totalmente seco, situación que prácticamente se registra durante los últimos 10 años; los drenes parcelarios y secundarios no aportan a los colectores zonales, por la crisis hídrica.

Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y 1000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) sin presentar grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación, (Pozo Finca 1, nivel estático a 40 m de profundidad) y el segundo nivel de finca El Monte Negro (Pozo 2), mostraron aguas de mejor calidad para la CEA que los de Surgente García.

En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en dos de las categorías de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson. El Arroyo Leyes se ubica en la categoría C5 “salinidad muy alta”. La mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 “salinidad media”, cuyo uso debería ser en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, serían C3. En cuanto a las aguas de drenaje que se reutilizan para riego, se ubicarían en C4 (alta salinidad)

En cuanto a la peligrosidad sódica, medida a través del RAS, en general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y



Peterson (baja peligrosidad sódica). Sin embargo, se debe destacar el Arroyo Leyes, que posee los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje, que pertenece a la Clase S1 “Baja peligrosidad sódica” ya que su RAS es de alrededor de 6. Algo interesante se produjo en abril de 2010 (Zuluaga et al, 2011) ya que el RAS alcanzó el valor máximo histórico de 22 (categoría S3, de “alta peligrosidad sódica”) superando a los máximos anteriormente registrados (RAS 10, en las primaveras de 2008 y de 2009) en este punto de muestreo, este valor hizo prácticamente inutilizable el agua para el riego durante dicho período. Analizando el RAS y la CEA en forma conjunta, el Arroyo Leyes quedaría categorizado como C5S1, con “muy alta salinidad y baja sodicidad”. Las aguas subterráneas del acuífero del primer nivel son levemente más sódicas que las de Surgente García, pero nunca llegan a superar el valor 2,5 de RAS.

Respecto de los Nitratos, según la Resolución 461/1998 del DGI el valor máximo tolerado en los vertidos a canales de riego no debe superar los 45 mg.l-1. Solamente en febrero de 2014 se registraron valores muy superiores a dicho tenor, de casi 700 mg.l-1 (puntos “Ruta 60” y “Matus y Pescara”) Aguas arriba de la Ruta 60 se ubica una villa inestable que vuelca residuos domiciliarios a dicho canal, mientras que en el otro punto se trata de un sitio aguas debajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales, que mantiene bajo control los niveles de salinidad mediante dilución con aguas de buena calidad para bajar la salinidad del recurso hídrico. Los tenores en aguas surgentes apenas superan los 6 mg.l-1 en un muestro, descendiendo a valores de 3 mg.l-1 ó menos en las perforaciones del primer nivel de explotación, que extraen agua subterránea de mejor calidad y están menos expuestas a la contaminación por la actividad agrícola. Los mayores valores en canales de riego (10 mg.l-1) se presentaron en el tramo medio del Canal Pescara, por los lixiviados de agroquímicos usados en los cultivos hortícolas.

Los mayores valores de fosfatos, que superan el límite de 0,7 mg.l-1 dado por la Resolución 778 del DGI, se dieron en noviembre de 2013 sobre el Canal Pescara en su tramo final (Becases) con valores que superaron los 11 mg.l-1. Le sigue en carga contaminante el Canal Chachingo, pero en este caso a la inversa de lo explicado antes, los mayores tenores de fosfatos se registraron en los primeros tramos del canal a la altura del Puente Blanco, debido probablemente a la contaminación de origen industrial que se produce aguas arriba. Las aguas de origen subterráneo presentan escasa presencia de fosfatos en Surgente García, pero a diferencia de lo ocurrido en el bienio 2011-2013 (Zuluaga et al, 2013) donde ningún muestreo mostró valores que superaran el límite de la normativa, en el primer nivel de explotación de la Finca Monte Negro se han presentado en más de 8 oportunidades valores superiores a 0,7 mg.l-1. Felizmente, el segundo nivel de explotación no ha recibido contaminación hasta el presente.

## **CONCLUSIONES**

Se aprecia una clara distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, superior a la de origen superficial y con menores variaciones estacionales. Además, los acuíferos cercanos a superficie aparecen como más afectados que los profundos.

En cuanto a pH, casi la totalidad de los valores estuvieron comprendidos entre 6 y 8,5, valores característicos de las aguas naturales de Mendoza, más allá de algunas excepciones explicadas en los resultados.

En cuanto a nutrientes, el DGI establece como valor máximo tolerado 45 mg.l-1 de nitratos. Solamente en febrero de 2014 se registraron valores muy superiores a dicho tenor, de casi 700 mg.l-1 (puntos “Ruta 60” y “Matus y Pescara”) Respecto a los fosfatos, los mayores valores, que superan el límite de 0,7 mg.l-1, se dieron en noviembre de 2013 sobre el Canal Pescara en su tramo final (Becases) con 11 mg.l-1. En el primer nivel de explotación de la Finca Monte Negro se han presentado en más de 8 oportunidades valores superiores a 0,7 mg.l-1. Felizmente, el segundo nivel de explotación no ha recibido contaminación hasta el presente.

Analizando los contenidos salinos en los canales de riego se destaca el Canal Chachingo en el que en su recorrido desde la Ruta 60 hasta el nacimiento de la Hijaleta Montenegro, solamente los valores correspondientes a la Hijaleta Montenegro superaron los 1800  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (Resolución 778/DGI), lo cual indica un desmejoramiento de la calidad de este cauce, ya que en el bienio 2009-2011 nunca se había superado dicho valor (Zuluaga et al, 2013) Dentro de los muestreos en el canal Pescara en su tramo final (Becases) también se superó el máximo tolerable de 1800  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ . Las determinaciones en el punto denominado Matus y Pescara, aguas abajo de la planta de tratamiento de efluentes industriales, indica que en general no se supera la normativa mencionada, y que la planta cumple con su objetivo de calidad para agua de riego.

Respecto a las aguas de drenaje, los valores registrados en el sitio “Fuster”, correspondientes a la desembocadura de un dren parcelario en el inicio de un canal de riego para su reutilización en fincas aguas abajo, los valores se han mantenido durante todo el período de muestreo por encima de la normativa. Un párrafo aparte merece el Arroyo Leyes que si bien actúa como colector zonal del área, sus aguas constituyen la principal fuente para riego de muchas fincas del Departamento de Lavalle; en él los valores máximos llegaron a algo más de 6000  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  en noviembre de 2012 y registrando en general valores elevados, por encima de lo normado, significando ello una seria limitación a la productividad de los cultivos regados con este recurso.

En general, las aguas en estudio se pueden agrupar en tres de las categorías de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson. El Arroyo Leyes presenta los valores más altos en sales totales, ubicándose en la categoría C5 “salinidad muy alta”. La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse como C3 “salinidad media”, cuyo uso debería hacerse en suelos de moderada a buena permeabilidad y con cultivos de mediana tolerancia a la salinidad. El agua de los drenes corresponde a C4 (“salinidad alta”) Las aguas de origen subterráneo se presentaron como de buena calidad (CEA entre 800 y 1000  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) y no presentaron grandes oscilaciones a lo largo del tiempo. Los muestreos correspondientes al acuífero confinado del primer nivel de explotación (nivel estático a 40 m de profundidad) y del segundo nivel (nivel estático a 120 m) de la finca “El Monte Negro”, mostraron aguas de mejor calidad para este parámetro que los correspondientes a Surgente García. Las aguas de perforaciones, si bien presentan los valores más bajos de CEA, aún se clasificarían en la categoría C3.

En cuanto a la peligrosidad sódica, medida a través del RAS, en general las aguas corresponden a la categoría S1 de la clasificación de Riverside modificado por Thorne y Peterson (baja peligrosidad sódica). Sin embargo, se destacó el Arroyo Leyes, por

poseer los tenores más elevados con referencia a los demás cauces de riego y drenaje, lo cual hace prácticamente inutilizables sus aguas para el riego durante dicho período.

Como recomendación para optimizar el manejo del agua de riego, tanto las Asociaciones de Usuarios de esta 3ª Zona, como las del Departamento de Lavalle, deberían monitorear la calidad del agua durante los meses de primavera, que es cuando se concentran la mayoría de los contaminantes, tratando de usar aguas de origen subterráneo ó mezclando estas con las de origen superficial, a fin de diluirlas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- APHA - AWWA - WPCF. (1992). “Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales”; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.
- Departamento General de Irrigación (DGI) (1996). “Descripción preliminar de la cuenca del río Mendoza”. Departamento General de Irrigación. Mendoza.
- Departamento General de Irrigación (DGI). (1996). “Reglamento General para el Control de Contaminación Hídrica”. Resolución N° 778 (Public: BOP.30-31/12/96 y 2/1/97) Mendoza.
- Ente Provincial del Agua y Saneamiento (EPAS) (1995). “Normas de calidad de aguas”. Documento Preliminar. Mendoza, República Argentina.
- Pizzi; D.; E. Bardossy; E. Antonioli; K. Hiramatsu (1997). “Identificación económica y distribución geográfica de los oasis irrigados de Mendoza”. Tucumán, setiembre de 1997.
- Zuluaga, J. et. al (2007) “Monitoreo de los contaminantes del agua en la 3ra zona de riego del Río Mendoza con el nuevo escenario de operación del Embalse Potrerillos”. Congreso Nacional del Agua. Tucumán.
- Zuluaga, J. (2010) “Calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza”. III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba, Argentina. 6 al 8 de Octubre de 2010.
- Zuluaga, J. et al (2011) “Evolución de la contaminación del recurso hídrico en el Cinturón Verde de Mendoza. Congreso Nacional del Agua “CONAGUA 2011”. Resistencia, Chaco. 22 al 25 de junio de 2011.
- Zuluaga et al (2013) “Evolución de la contaminación del recurso hídrico en el cinturón verde de Mendoza”. Presentado en el Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2013. San Juan, Argentina, del 14 al 18 de octubre de 2013.

## 04TCam - TRATAMIENTO DE EFLENTES DE UN INGENIO Y OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE INTERÉS TECNOLÓGICO

BRITOS, M. L.<sup>1</sup>; ALFARO, J. M.<sup>1</sup>; BAIGORÍ, M.<sup>2</sup>; MARTEARENA, M. R.<sup>1</sup>

1-Universidad Nacional de Salta - CIUNSa - INIQUI -CONICET, Av. Bolivia 5.150, Salta. CP 4408FVY.

E-mail: [britosmluciana@gmail.com](mailto:britosmluciana@gmail.com)

2-PROIMI. Av. Belgrano y Pasaje Caseros. Tucumán. CP T4001MVB.

### RESUMEN

En el Noroeste Argentino la mayoría de los ingenios producen etanol a partir de melaza y jugo de caña de azúcar, obteniéndose como subproducto vinaza. El objetivo de este trabajo es optimizar la relación C/N para la producción de lípidos con fines energéticos, utilizando vinaza como fuente de carbono para el desarrollo de *Rhodotorula mucilaginosa* y disminuir la contaminación ambiental que este efluente produce.

Se inoculó 10% de *R. mucilaginosa* en vinaza (DQO 69 g/L) y se realizaron cultivos en lote agitado durante 14 días a pH 6, 30°C, 180 rpm. Se compararon distintas relaciones C/N: vinaza cruda (68/1), vinaza + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (33/1) y vinaza + glicerol + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (42/1). En todos los casos se separó la biomasa por centrifugación y se determinó DQO en el sobrenadante. Se rompieron las células por reflujo con HCl 1,1 N (10 minutos), se lavó, se secó a 80 °C y se extrajeron los lípidos con hexano durante 4 horas utilizando un equipo Soxhlet. El solvente fue evaporado y se determinó el porcentaje de lípidos totales con respecto a la biomasa seca.

Se observó que al utilizar como fuente de carbono vinaza cruda se obtuvo un 15 % de lípidos, mientras que cuando la relación C/N fue 33/1 y 42/1 se obtuvieron 20% y 35% de lípidos respectivamente. Se incrementó el crecimiento de los microorganismos utilizando 0,5 g/L de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pero no influyó en la acumulación de lípidos. Luego del tratamiento biológico se removió el 45% de la materia orgánica en la vinaza cruda, 73% en la vinaza enriquecida con (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y un 76% en la vinaza enriquecida con (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y glicerol.

Los lípidos acumulados por *R. mucilaginosa* fueron analizados por espectrofotometría de IR/Raman. Comparando los espectros con el de aceite de girasol se observó la presencia de triglicéridos con menor grado de insaturación y longitud media de cadena.

Estos resultados son promisorios porque revelan que aplicando el tratamiento biológico propuesto, empleando una relación C/N: 42/1 se logró remover el 76% de la materia orgánica y obtener de la biomasa una mayor cantidad de lípidos con potencial aplicación para la síntesis de biodiesel.

### 1-INTRODUCCIÓN

La utilización de efluentes, excedentes o subproductos industriales con alto contenido de carga orgánica como sustratos para el desarrollo de microorganismos, es una alternativa interesante para la producción de biomasa con elevado valor nutricional

(Xue et al., 2008) y/o la generación de lípidos mediante microorganismos oleaginosos (Zhu et al., 2008), (Li et al., 2007). Esto es un aporte interesante para una necesidad cada vez mayor de combustibles líquidos. Cambios de este tipo nos llevan a nuevas tecnologías para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

Entre los residuos industriales más abundantes, en la Región del NOA, se puede citar a la vinaza un subproducto del proceso de obtención de etanol a partir de la melaza y jugo de caña de azúcar. La vinaza es difícil de eliminar, lo que implica un importante problema ambiental en relación con la viabilidad económica de las fábricas de fermentación de melazas. Las estrictas regulaciones ambientales han obligado a las industrias de destilería explorar tecnologías más eficaces para reducir la carga contaminante.

En Argentina en el año 2008 se sancionó la Ley de Uso Sustentable de Biocombustibles N° 26.093, la cual promueve el uso obligatorio de bioetanol mezclado con naftas, lo que incrementa la producción de biocombustible y por lo tanto la cantidad de vinaza, ya que por cada litro de alcohol producido se obtienen de manera adicional 15 litros de vinaza como residual. La vinaza es una buena fuente de carbono para el metabolismo microbiano debido a la presencia de grandes cantidades de azúcares fermentables en su composición (Robles González et al., 2012). La acumulación de lípidos en los microorganismos oleaginosos ocurre cuando la fuente de nitrógeno del medio se ha agotado y el exceso de carbono es asimilado por las células y convertidos en triglicéridos que podrían ser empleados para la producción de biocombustibles, por lo que hay una relación crítica de C/N. (Meng et al., 2009).

## **OBJETIVO**

El objetivo de este trabajo es optimizar la relación C/N para la producción de lípidos con fines energéticos, utilizando vinaza como fuente de carbono para el desarrollo de *Rhodotorula mucilaginosa* y disminuir la contaminación ambiental que este efluente produce.

## **2-MATERIALES Y METODOS**

2.1 Cepa: *Rhodotorula mucilaginosa*, aislada de cachaza de un Ingenio de la Provincia de Salta, identificada por el Instituto Spegazzini de la ciudad de La Plata-Buenos Aires.

### **2.2 Medios de cultivos**

2.2.1 Medio para inóculo: antes de inocular los cultivos en vinaza los microorganismos fueron cultivados en un medio que contenía (g/L): sacarosa 40; extracto de levadura 15 y peptona 5, pH 6 (Dai et al., 2007).

2.2.2 Medio de bajo contenido en nitrógeno (g/L): glucosa 100, extracto de levadura 8, peptona 3 g, pH 6 (Dai et al., 2007).

2.2.3 Vinaza de un Ingenio Azucarero de la provincia de Salta a pH 6, esterilizada en autoclave durante 30 minutos a 121°C.

### **2.3 Método analítico**

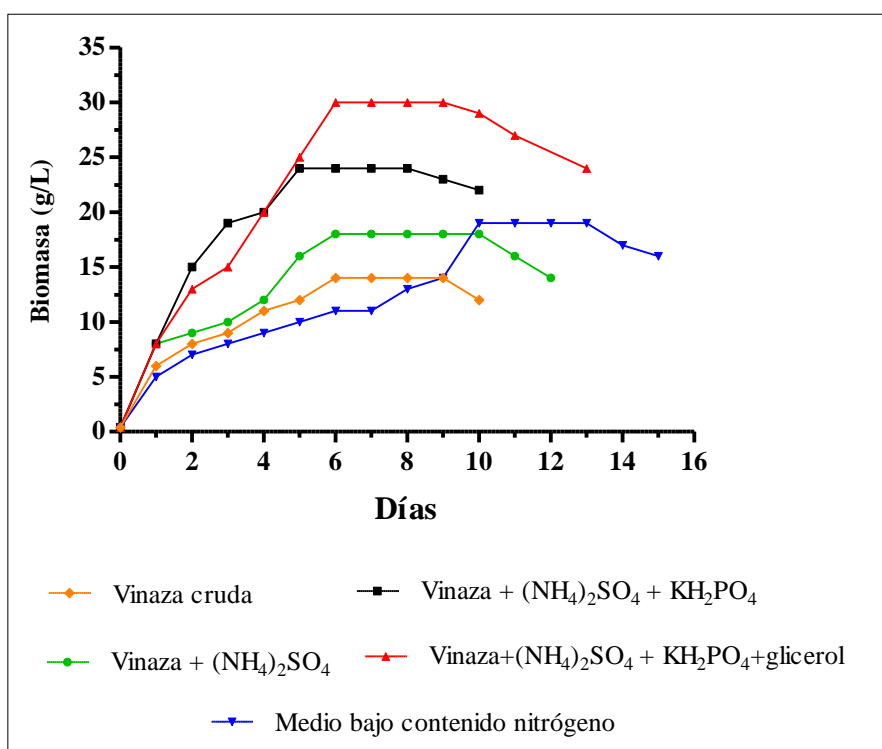
La levadura *Rhodotorula mucilaginosa* se desarrolló primero en medio para inóculo durante 24 horas a 30°C y con agitación a 180 rpm en shaker. Luego se inoculó 10% de las levaduras en 150 mL de medio bajo en nitrógeno, vinaza cruda (DQO 69 g/L), vinaza enriquecida con: 5 g/L de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (Alfaro et al., 2012); 5 g/L de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + 0,5 g/L de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 5 g/L de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + 0,5 g/L de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 46 g/L de glicerol. En todos los casos se utilizó erlenmeyer de 500 mL. Se realizaron cultivos en lote agitado durante 14 días a pH 6, 30°C, 180 rpm (Alfaro et al., 2013). En todos los casos se separó la biomasa por centrifugación y se determinó Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el sobrenadante. Se rompieron las células, se extrajeron los lípidos y se determinó su porcentaje.

## 2.4 Método de extracción de lípidos

Previamente a la extracción de los lípidos se rompieron las células de la biomasa húmeda haciendo reflujo con HCl 1,1 N durante 10 minutos, se lavó, se secó a 80 °C y se extrajeron los lípidos con hexano durante 4 horas utilizando un equipo Soxhlet. El solvente fue evaporado. Se determinó el porcentaje de lípidos totales con respecto a la biomasa seca. Los lípidos fueron analizados con un equipo IR Spectrum GX Serial N° 76594/5/6 Perkin Elmer.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que la relación C/N es crítica para la acumulación de lípidos en las levaduras, se tomó como referencia el medio de bajo contenido en nitrógeno que tiene una relación C/N 42/1, para compararla con la vinaza. En todos los ensayos que se realizaron del tratamiento del efluente y del medio de bajo contenido de nitrógeno se tomaron muestras a distintos tiempos para seguir la cinética de crecimiento. En la Figura 1 se observa que la mayor producción de biomasa se obtuvo cuando se utilizó vinaza enriquecida con sulfato de amonio, fosfato diácido de potasio y glicerol como fuente adicional de carbono, C/N: 42/1. Si bien la producción de biomasa es mayor que en todos los casos estudiados, no hubo un aumento considerable en la productividad con respecto a la relación C/N: 33/1, pero la producción de lípidos incrementó de 20 a 35%, Tabla 1.



**FIGURA 1:** Curva de crecimiento de *Rhodotorula mucilaginosa* en distintos medios de cultivos a 30°C, pH 6, 180 rpm.

**TABLA 1:** Efecto de la relación C/N en la producción de lípidos

Medio de cultivo	Relación (C/N)	Biomasa (g/L)	% Lípidos	% Remoción Materia Orgánica	Productividad g/L.día
Vinaza	68/1	14	15	45	1,99
Vinaza + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	33/1	18	21	73	2,56
Vinaza + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	33/1	24	20	74	4,51
Vinaza + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + Glicerol	42/1	30	35	76	4,64
Medio bajo Nitrógeno	42/1	19	62	-	-

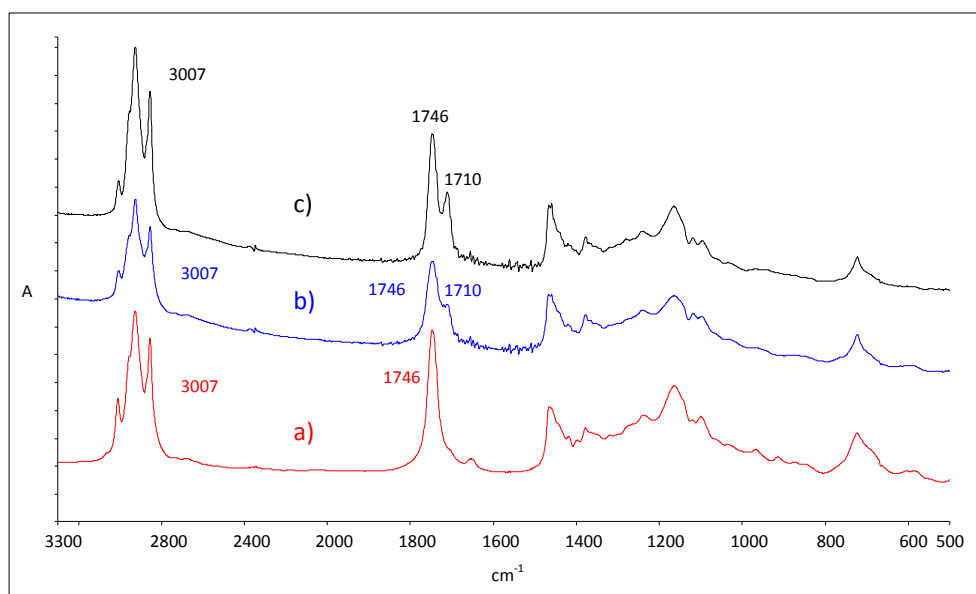
El ión fosfato incrementó el crecimiento de los microorganismos pero no influyó en la acumulación de lípidos. El enriquecimiento de la vinaza fue necesario para aumentar la remoción de la materia orgánica con respecto al tratamiento de la vinaza cruda (CN 68/1), sin embargo cuando se utilizó las relaciones C/N 33/1 y 42/1 la remoción no varía significativamente, Tabla 1. De esta manera se logró disminuir la contaminación ambiental que este efluente produce.

Comparando el ensayo de la vinaza (C/N: 42/1) con el medio de bajo contenido de nitrógeno sugerido por bibliografía, se observa que el efluente es una buena fuente de

carbono para las levaduras ya que incrementa la producción de biomasa aunque la producción de lípidos es menor. Esto puede deberse a la matriz compleja del efluente.

Para evaluar los lípidos con fines energéticos se analizaron los espectros de infrarrojo del aceite de soja y los aceites producidos por *R.mucilaginosa* a partir de vinaza enriquecida y medio de bajo contenido en nitrógeno. Se observa en la Figura 2 el pico característico al estiramiento correspondiente al doble enlace C=O del éster a  $1746\text{ cm}^{-1}$ . A los  $1710\text{ cm}^{-1}$  se aprecia la banda de absorción del grupo carbonilo de ácidos grasos libres, presentando una mayor intensidad de banda en el aceite acumulado por las levaduras que se desarrollaron en vinaza. A los  $3007\text{ cm}^{-1}$  se encuentra la señal del estiramiento correspondiente al enlace

=C-H. Del análisis de los espectros se concluye que el aceite obtenido a partir de vinaza es más saturado que el extraído de la biomasa desarrollada en medio de bajo nitrógeno y este último presenta menor grado de insaturación que el aceite de soja. Con respecto a los ácidos grasos, se observa que los sintetizados y acumulados por las levaduras tienen una longitud media de cadena, menor que el aceite de soja.



**FIGURA 2:** Espectros IR de a) aceite de soja, b) aceite extraído de biomasa cultivada en vinaza y c) aceite extraído de biomasa cultivada en medio bajo nitrógeno

## CONCLUSIÓN

Estos resultados son promisorios porque revelan que aplicando el tratamiento biológico propuesto a la vinaza, empleando una relación C/N: 42/1 se logró remover el 76% de la materia orgánica y obtener de la biomasa una mayor cantidad de lípidos con potencial aplicación para la síntesis de biodiesel.

## BIBLIOGRAFIA

Alfaro, J.M.; Scaroni, E.; Britos, L.; Martearena, M.R. (2013). Evaluación de la producción de biomasa de *Rhodotorula glutinis* y *R.mucilaginosa* a partir de un efluente industrial del NOA. Revista Argentina de Microbiología, 45: 255



- Alfaro, J. M.; Martearena, M. R.; Scaroni, E.; Locatelli, S<sup>†</sup>. (2012). Biotransformación de vinaza en biomasa utilizando levaduras. V Encuentro Regional de Biocatálisis y Biotransformaciones (EnReBB). ISBN: 978-987-28696-0-1.
- Dai C.; Tao, J.; Xie, F.; Dai, Y.; Zhao, M. (2007). Biodiesel generation from oleaginous yeast *Rhodotorula glutinis* with xylose assimilating capacity. African Journal of biotechnology, 6: 2130-2134.
- Li, Y.; Zhao, Z.K.; Bai, F. (2007). High-density cultivation of oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides* Y4 in fed-batch culture. Enzyme and Microbial Technology, 41: 312-317.
- Meng, X.; Yang, J.; Xu, X.; Zhang, L.; Nie, Q.; Xian, M. (2009). Biodiesel production from oleaginous microorganism. Renewable Energy, 34: 1-5.
- Robles Gonzales, V.; Galindez Mayer, J.; Rinderknecht Seijas, N. (2012). Treatment of mezcal vinasses : A review. Journal of Biotechnology, 157: 524 – 546.
- Xue, F.; Miao, J.; Zhang, X.; Luo, H.; Tao, T. (2008). Studies on lipid production by *Rhodotorula glutinis* fermentation using monosodium glutamate wastewater as culture medium. Bioresource Technology, 99: 5923-5927.
- Zhu, L. Y.; Zong, M. H.; Wu, H. (2008). Efficient lipid production with *Trichosporon fermentans* and its use for biodiesel preparation. Bioresource Technology, 99: 7881-7885.

## **05TCam - DIAGNÓSTICO DE RESIDUOS DE ORIGEN FORESTAL PARA SU APROVECHAMIENTO. SALTA, ARGENTINA**

**TERAN, M<sup>1</sup>. PLAZA G<sup>2</sup>. TAGLIOLI<sup>3</sup>**

**1 Fac. de Cs. Naturales, Dasonomía UNSa.**

**2 Facultad de Ingeniería UNSa INQUI CONICET**

**Universidad Nacional de Salta- Argentina.**

**3 Fac. de Cs. Naturales, Industrias Forestales Sede Oran unas.**

***mibe06@yahoo.com.ar***

### **Resumen**

En el norte de la provincia de Salta, la producción maderera comercial es una actividad económica importante que se desarrolla a partir de bosques nativos e implantados y produce biomasa residual en dos etapas principales. La primera transformación (residuos: corta y aprovechamiento) es despreciable en relación a la segunda transformación (residuos: canteo del fuste, despuntes, viruta y aserrín). Los residuos comprenden una mezcla representativa de las especies usadas en la producción según la demanda de mercado.

En el presente trabajo, se desarrolla un diagnóstico de generación de residuos, para el período 2005-2010. Se caracterizaron los residuos generados para evaluar su potencial aprovechamiento, en promedio al año según los siguientes parámetros: volúmenes de sólidos, poder calorífico, humedad, peso específico, sólidos volátiles y ceniza.

Los residuos totales generados por año resultaron, 572 m<sup>3</sup> provenientes de bosques nativos y un volumen potencial de 19.250 m<sup>3</sup> de bosques implantados, justificando un desarrollo tecnológico para su aprovechamiento. La caracterización en sus propiedades físicas muestran que la producción de leñetas constituye la mejor tecnología de aprovechamiento energético.

### **1. Introducción**

La explotación forestal de los bosques del NOA, aunque con muy baja intensidad de impacto se inició en la época de la colonia, principalmente en Tucumán (Levene, 1940). Cada estación de ferrocarril, tuvieron uno o dos aserraderos, algunos hasta 10 o 15 como Orán y Tartagal. En todas las estaciones de FFCC el bosque fue el generador inicial de riquezas y fuente de trabajo, dando origen a la formación de pueblos. Entre las décadas del 40 y 80 existían aproximadamente 100 aserraderos.

Se conoce como biomasa residual forestal, o también residuos forestales a todos aquellos materiales lignocelulósicos que se producen en el bosque y para la que no existe un destino comercial; dichos residuos pueden ser valorizados para fines energéticos.

La biomasa residual es un producto más del bosque y por tanto está sujeta a las leyes naturales que inciden sobre la producción vegetal. (Pascual, 2002).

Existen diversas tecnologías de aprovechamiento térmico cuya selección se encuentra supeditada al tipo de residuo, volumen y elementos auxiliares para reducir el calentamiento global, entre ellas: pirolisis, gasificación, incineración y plasma.

En el trabajo se determinan volúmenes generados de residuos madereros a partir de encuestas semi-estructuradas realizadas en obraje y aserraderos, para elaborar una propuesta de aprovechamiento de los mismos.

## **2. Objetivos**

Identificar la biomasa residual (norte de la provincia de Salta), caracterizando los residuos forestales y desarrollando una propuesta de aprovechamiento que contribuye a la estrategia nacional de mitigación del cambio climático.

## **3. Metodología**

### **3.1. Relevamiento en campo**

- a) Se seleccionan zonas representativas del ecotono selva – chaco. través de Google Earth y se toman datos de coordenadas para su ubicación a campo.
- b) Se ejecutan los Inventarios forestal para la determinación de existencia maderera, en parcelas seleccionadas.
- c) Se identifican las parcelas de 17,83 m de radio, en las cuales se realiza la determinación taxonómica de especies arbóreas presentes mayores de 10 cm de D.A.P. (diámetros altura al pecho) y la toma de datos de DAP, altura comercial y altura de fuste
- d) Para bosques implantados se toman datos de superficie existente de plantación, edad y árbol tipo.

### **3.2. Análisis en gabinete**

- a) Se determina el AB (área basal para especies nativas, árbol tipo en introducidas)
- b) Se calcula los volúmenes, para bosques nativos e implantados, comerciales y de fuste (árboles mayores de 30 cm); se utiliza la fórmula de Smalian (cálculo de volumen a través de la suma diámetros de extremos de las trozas y longitud de la troza).
- c) Se realiza la comparación de datos obtenidos con datos de volúmenes estadísticos existentes.

### **3.3. Relevamiento de datos en aserraderos**

- a) Se relevan cantidad de rollos de madera en el canchón de cada aserradero, desde Ciudad de Oran y sobre Ruta Nacional 34 hasta llegar a la Ciudad de Tartagal, (38 aserraderos), para el período 2009- 2012.
- b) Se clasificaron los aserraderos según su persistencia para cálculo de biomasa residual.
- c) Se realiza la valoración de la biomasa residual a través de diferencia de: volúmenes de fuste (rollo) y madera extraída para comercializar (cuartón central).
- d) Se infiere el total de la biomasa residual a través de los datos de inventarios obtenidos en las áreas de trabajo en bosques nativos, y para bosques implantados se realiza cálculos de volumen comercial para períodos de corta (raleo y corta final) a través del árbol tipo.

### **3.4. Caracterización**

Se caracterizaron los residuos generados de una muestra representativa de cuatro aserraderos medianos a grandes, para evaluar su potencial aprovechamiento, se calcula promedio anual según los siguientes parámetros: volúmenes de sólidos, poder calorífico, humedad, peso específico, sólidos volátiles y ceniza.

3.5. Selección de la tecnología de aprovechamiento adecuada en aserradero: según tipo de maquinaria de corte, esto es la eficiencia en la producción.

## 4 Resultados

### 4. 1. Parámetros descriptivos de área de estudio

La tercera parte del territorio salteño está cubierto por bosques y montes. La región del bosque chaqueño -(Chaco semiárido) - ocupa la mayor extensión forestal, siguiéndole la selva subtropical y, en menor proporción, los montes bajos.

Los parámetros descriptivos de la zona de estudio pueden observarse en la Figura 1. donde se detalla la población total económicamente activa y desempleada. (Población desempleada: 12.425 hab. para el Dpto.Orán y 16.683 hab para Dpto. San Martín).

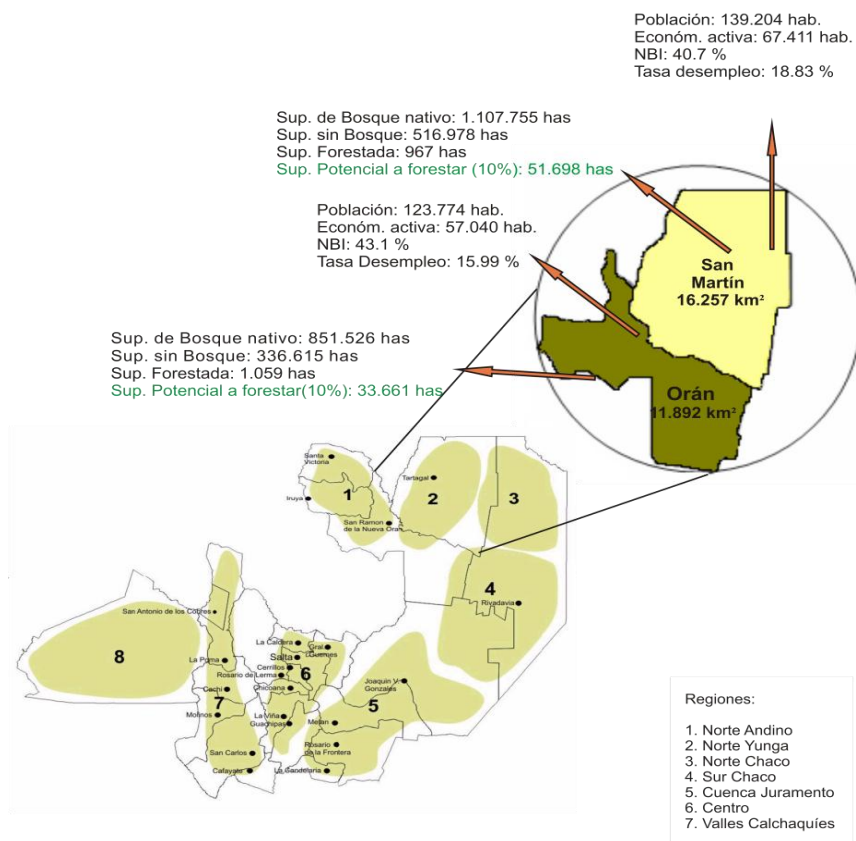


FIGURA 1: Parámetros descriptivos del área de estudio

### 4. 2. Existencias madereras en bosques aprovechables en la provincia de Salta

La superficie boscosa de la provincia de Salta es la mayor del NOA (2.312.123 ha), según datos proporcionados por el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (2007). De esa superficie, se observa que la provincia de Salta reúne el 74% (1.315.060 ha), concentrada principalmente en las sierras bajas Tartagal, en el departamento de San Martín y en las áreas serranas del departamento de Anta. Las tierras forestales en el departamento San Martín comprenden 1.104.551 ha (2004), mientras que para el departamento Orán son de 842.209 ha (Dirección de Bosque de la SAYDS, 2004). Las tierras boscosas en los departamentos de Orán y San Martín tienen una gran riqueza de árboles útiles al hombre, que dio lugar a una intensa actividad forestal que continúa, aunque en menor grado debido a la desaparición de maderas valiosas por la tala indiscriminada.

Una fuente de información muy valiosa para realizar estimaciones de biomasa forestal residual son los inventarios forestales. Se ha realizado un inventario forestal a nivel

regional por FAO (1974). De los inventarios forestales se pueden obtener superficies boscosas y existencias maderables.. También se calcula los crecimientos de los volúmenes maderables pero no se estiman los crecimientos de la biomasa residual. En Tabla 1 se observa la existencia maderable.

**TABLA 1:** Existencia maderable de bosques aprovechables en millones de m³ Salta (1974)

Yungas Transición		Yungas Selva	
Fuste (millones de m³)	Comercial (millones de m³)	Fuste (millones de m³)	Comercial (millones de m³)
2363	8023	11006	34455

Según SEMADES, para el periodo 2002-2004, la superficie de bosque nativo (tierras forestales más bosques rurales) presentan una tasa de deforestación anual de -0,66. Lo que implica una pérdida de masa boscosa de 26.105 ha.



**FIGURA 2:**Bosque nativo,serranías de Tartagal.

**FIGURA 3:** Bosque implantado, Colonia Santa Rosa-Oran.

**4. 3. Actividades extractivas y de aprovechamientos. Generación de biomasa residual**

La actividad primaria en los bosques comprende la tala y el desrrame dejando el fuste limpio para ser trasladado a la cancha de acopio, quedando los residuos de la corta en el lugar del aprovechamiento como formador del suelo (acción que se realiza de forma ancestral).

Según los tipos de aserraderos (semimecanizados y mecanizados), se tiene una mayor o menor generación de residuos, debido a la eficiencia en cada corte en la sierra y a la capacidad del operario.

La actividad secundaria de la producción maderera del Dpto. San Martín comprende los aserraderos como productores de bienes de uso rural especialmente postes, varillas y artesanías, mientras que en el Dpto. Oran los aserraderos procesan rollos enteros y existe una mayor cantidad de carpinterías orientadas a la mueblería y fabricación de aberturas (Tabla 2). Se encuentran instalados aproximadamente en el área de trabajo 38 aserraderos entre medianos y grandes y asociados al sector más de 3000 operarios que viven de la actividad maderera.

**TABLA 2:** Actividad que generan residuos forestales

Tipos de bosque	Actividad		Producto	Residuos
Nativo	Primaria	Bosques de yungas	Residuos de la tala	Ramas y hojas de tala
			Vigas, tablas, tablones,	Canto de fuste,
		Bosque Chaqueño	Postes y varillas	viruta, aserrín
	Secundaria	Yungas	Mueblería abertura	Descartes, recortes, viruta, aserrín
		Chaco	Artesanías	
Implantados	Raleos, corta final		Postes largos, cajones de frutas y hortalizas, pallets	Recortes, viruta, aserrín

Se clasifican los aserraderos según su persistencia en temporarios (6) y permanentes (32) y su nivel tecnológico en 2 categorías: Tecnificados y menos tecnificado, se selecciona 2 de cada categoría para realizar la evaluación de residuos generados.



**FIGURA 4:** 4.1 quema de residuos, 4.2 despuntes, 4.3 aserrín, 4.4cantos

#### 4.4. Problemática actual ambiental por la generación de residuos

Los residuos forestales generados producen en la actualidad impacto ambiental negativo en el segundo nivel de transformación; quema de residuos a cielo abierto,

almacenamiento y descomposición que llevan pérdidas económicas por no realizar su aprovechamiento.

Esta situación agudiza la problemática global considerando la desaparición del bosque como sumidero de CO<sub>2</sub> y la generación de gases efecto invernadero como resultado de la combustión sin control. Además se debe considerar los efectos en la salud de la población aledaña por los residuos emitidos a la atmósfera (alergias y problemas respiratorios)

#### 4.5. Cuantificación de residuos y su caracterización.

Los datos presentados en Tabla 3 muestran el diagnóstico de residuos realizados en campo y su caracterización media.

**TABLA 3:** Consumo. Generación de Residuos. Caracterización físico química de los residuos madereros. Potencial a aprovechar

Tipo de bosque	Consumo (m3 rollo)	Residuos generados (m3 sólidos)	Peso específico promedio (kg/m3)	Calor específico promedio (Kcal/kg)
Nativo	1.908	572	780	3.100
Introducido	110.000 (*)	19.250	450	2.700

(\*) volúmenes aproximados de madera de especies introducida.

La caracterización física de residuos de la industria maderera, comprende un promedio de todas las especies arbóreas aprovechadas (Tabla 4).

**TABLA 4:** Caracterización física química de los residuos madereros

Caracterización	Humedad %	Carbono fijo %	Sólidos volátiles %	Cenizas %
Residuo (madera)	30,0	30,4	34.7	1.3

#### 4.6. Propuesta de tecnología ambiental: Producción de leñetas

Se selecciona la tecnología de producción de leñeta ya que comparando con la tecnología de incineración y otras, éstas últimas poseen las desventajas de altos costos de instalación y operación, generación de dioxinas y furanos, gran generación de cenizas y necesidad de un combustible adicional

El producto de leñeta o leña ecológica es un tronquito (diámetro 5-9 cm y 30-32 cm. de longitud) de residuos madereros (aserrín, virutas, Chips de ramas, cantos, costaneras y recortes) donde la lignina funciona como adhesivo.

Comprende una serie de etapas:

1. Molienda: Chipeado de los residuos al tamaño chips menores a 20 mm.
2. Secado: Se debe reducir la humedad para lograr un valor entre un 8% al 12% (la mayor o menor humedad es un inconveniente ya que produce rotura si está demasiado floja o seca)
3. Compactado: Compresión con prensa de alta presión y calor para que la madera libere la lignina que posee características de aglutinante.
4. Embalaje: en bolsas para la venta.

En tabla 5 se detalla la caracterización de la leñeta

**TABLA 5:** Caracterización física de la leñeta.

Caracterización	Humedad %	Carbono fijo %	Material volátil %	Cenizas %
leñeta	11,1	15,3	69,9	0,49

Las Ventajas de la leñetas son:

- Mayor poder calórico
- Fácil y rápido encendido
- Baja humedad y alta densidad
- Ocupa menos espacio
- Limpias
- Homogéneas y fácil manipulación
- Sin olores, humos o chispas
- Sin aglutinantes ni adhesivos
- Menor porcentaje de cenizas
- 100% ecológicas y naturales
- Evita la presión de saca de leña del bosque
- No genera impacto ambiental
- Disminuye en  $\frac{1}{4}$  la producción de  $\text{CO}_2$  (mitigación del cambio climático), dado que  $1 \text{ m}^3$  de leñeta equivalen a  $4 \text{ m}^3$  de leña convencional y el  $\text{CO}_2$  desprendido por la madera en su combustión es igual al que adquirido el árbol durante su crecimiento.

## 5 Conclusiones

Los departamentos de General San Martín y Orán por sus características ambientales de clima, suelo, relieve favorecen la implantación de masas forestales de especies de gran productividad y son las zonas foresto industriales, existiendo instituciones que nuclea a productores del sector (Centro de obreros en Orán y Asociación Productores Foresto industriales y comerciales en la ciudad de Tartagal) y es la región donde se concentra la industria maderera, con una generación total de  $19.822 \text{ m}^3$  de residuos, con característica para el aprovechamiento térmico.

Del aprovechamiento del bosque se obtienen productos de uso rural y comercial. Este último se refiere a la producción en aserraderos, los que son generadores de la biomasa forestal residual que por su cantidad y la problemática asociada (quema de residuos) es de fundamental importancia eficientizar la cadena de valor mediante la industrialización de estos residuos.

Todas las empresas dedicadas al sector son generadoras de residuos madereros, quienes podrían mejorar la cadena de valor con la producción de leñetas; se necesitan para ello políticas adecuadas que contemplen necesidades de tecnologías, recursos e integre la población activa desocupada de esos lugares.

## 6 Bibliografía

Brown, A., Malizia, L. et al. (1997) Informe explotación forestal Finca San Andrés, Ingenio y Refinería San Martín del Tabacal. LIEY: UNT.



Dirección de Bosque de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable. (2004). Mapa Forestal de la Provincia de Salta..

FAO. (1974). Inventario y desarrollo forestal del noroeste argentino.

Levene, Ricardo. (1940). Historia de América. Libro de Cs. Sociales.

Pascual, Luis; Saul Esteban (2002). Evaluación de Residuos de biomasa de origen forestal. CIEMAT – CEDER.

Strajov, V.L. (1989). Lignina en jardines y huertas. Guidroliznaya y Lesoj. Pom. N° 3.

Varela, R. (1995). Aprovechamiento forestal: Apeo, extracción y transporte. Cartilla de divulgación técnica N° 10. EECT INTA Yuto Jujuy.

# **06TCAm - ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHACO.**

**PONCE, S. D.; SÁNCHEZ P.; HRYCZYŃSKI E.; LÓPEZ W. G.**

**Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional del Chaco Austral. Comandante Fernández 755 - (3700) Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina.**  
**[silvia@uncaus.edu.ar](mailto:silvia@uncaus.edu.ar)**

## **Resumen**

El carbón vegetal es un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento de residuos vegetales, hasta temperaturas que oscilan entre 400 y 700°C, en ausencia de aire. El carbón vegetal se emplea mayoritariamente como combustible, no solo de uso doméstico sino también industrial, especialmente en los países en vías de desarrollo. El carbón vegetal es una fuente de energía renovable, lo que aumenta su interés como combustible. No obstante, la producción de carbón vegetal por métodos artesanales tiene un importante impacto ambiental que es necesario disminuir mediante el uso de métodos industriales con control de emisiones. La provincia del Chaco es la mayor productora de carbón del país, el que es producido principalmente por pequeños productores con el empleo de métodos semiartesanales que resultan de muy bajo rendimiento, ambientalmente inconvenientes y con productos de baja calidad. En el presente trabajo se plantea una comparación del método tradicional empleado con un método de producción semicontinua que emplea un horno metálico cilíndrico, en el que se realiza la destilación seca de la madera de forma más controlada y cuya instalación podría permitir la reutilización de los gases generados durante la reacción exotérmica para lograr la disminución del consumo de energía y la liberación de sustancias contaminantes al medio.

## **1. Introducción**

El carbón vegetal es un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento de residuos vegetales, hasta temperaturas que oscilan entre 400 y 700°C, en ausencia de aire. El carbón es un producto que presenta alto poder calorífico, menor peso, inerte e inalterable a condiciones atmosféricas normales, por lo que se considera mejor combustible que la madera (Sanabria, 1998). El proceso de producción de carbón se diferencia de acuerdo al método empleado y según las características del producto final a obtener, de esta manera se podría hablar de la pirolisis lenta, rápida, flash y reactiva.

**TABLA 1.** Tipos de pirolisis.

PIROLISIS	TIEMPO DE RESIDENCIA	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO	PRESION Bar	TEMPERATURA °C Máx	PRODUCTO MAYORITARIO
<b>Carbonización</b>	Horas - Días	Muy baja	1	400	Sólido
<b>Convencional</b>	5-30 min	Baja	1	600	Gas, Líquido y Sólido
<b>Rápida</b>	0.5 - 5 seg	Muy alta	1	650	Líquido
<b>Flash (líquido/gas)</b>	menor a 1 seg	Alta	1	mayor 650	Líquido/Gas

Con el proceso de pirolisis de la madera es posible obtener distintas cantidades de gas, líquido y carbón, según las condiciones de operación, especialmente velocidad de calentamiento y temperatura final. Cuando el principal producto a obtener es el carbón, la pirolisis debe efectuarse a bajas velocidades de calentamiento y temperaturas finales moderadas (Font, 1993). El proceso más efectivo es la pirolisis lenta, que ocurre a temperaturas entre 400 y 600 °C. Además se puede diferenciar de acuerdo al tiempo de residencia, en pirolisis convencional con tiempo de residencia de hasta 30 minutos, o carbonización, con permanencia de horas y días, en los cuales los productos principales son sólidos. La carbonización es una destilación seca de la madera, que la transforma en una fracción rica en carbono y otra fracción compuesta por vapores y gases de alquitrán, ácido piroleñoso y gases no condensables. El gas que se produce en la carbonización contiene monóxido de carbono y el gas piroleñoso resulta tóxico y puede provocar irritación en la piel. Las propiedades del producto obtenido puede variar según la densidad de la madera que se emplee para carbonizar, además de la velocidad de calentamiento y la temperatura final alcanzada (Sanabria, 1998).

El uso de carbón vegetal forma parte importante de las fuentes de energía empleadas principalmente en países en vía de desarrollo (Montesino et al., 2010). En Argentina, el carbón vegetal se usa mayoritariamente como combustible, no solo de uso doméstico sino también industrial. Si bien su uso favorece una menor emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente comparado con la de los combustibles fósiles, (Ghetti et al., 1996), la producción del mismo, que en general se realiza de forma artesanal con muy poca tecnificación aplicada, tiene un importante impacto ambiental que es necesario disminuir mediante el uso de métodos industriales con control del proceso y de las emisiones, ya que es considerado una fuente de energía renovable, lo que aumenta su interés como combustible.

La provincia del Chaco es la mayor productora de carbón del país (1), el que es producido principalmente por pequeños productores con el empleo de métodos semiartesanales que resultan de muy bajo rendimiento, ambientalmente inconvenientes y con productos de baja calidad. El método más generalizado es el denominado “horno media naranja” que consiste en hornos convencionales de ladrillos con configuraciones diferentes de las bocas de entrada/salida de aire, según sea el operario que lo maneje. Este tipo de tecnología acarrea un alto costo ambiental y económico debido a la

imposibilidad de controlar el proceso para tratar los gases contaminantes que son emitidos directamente a la atmósfera y los irregulares rendimientos de producción y producto ya que se obtiene como máximo, rendimientos de 18-20% en relación a la materia prima utilizada y producto de baja calidad con carbono fijo de hasta 65%.

En contraste con este método convencional empleado, se demuestra que el uso de los hornos cilíndricos metálicos, son una buena alternativa de reemplazo, que contribuirían a reducir, tanto el impacto ambiental que genera el método tradicional, como a mejorar las condiciones sociales y económicas asociadas a estos métodos, como ser las condiciones de trabajo y la calidad del producto obtenido.

## 2. Objetivos

El presente trabajo de investigación intenta cumplir dos objetivos simultáneamente, a saber,

- a) Analizar un método de producción de carbón que ofrezca un proceso más eficiente y económico, adaptable a la realidad de la provincia, que optimice la calidad del proceso y del producto.
- b) Exponer cómo esta técnica propuesta, contribuiría a disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de trabajo, contrastando con información recogida en campo de los métodos tradicionales empleados

## 3. Metodología

Para el estudio de la optimización de la producción con el empleo de hornos cilíndricos metálicos verticales, se empleó una instalación que consiste en una cámara de combustión que aloja en su base el hogar donde se produce el fuego, un cilindro metálico donde se lleva a cabo la destilación seca de la madera (Figura 1), un conducto de gases de combustión, la cámara de quema de gases de combustión y la chimenea de evacuación de humos (Figura 2). La combustión de la madera se lleva a cabo en el cilindro metálico mencionado, cerrado por la parte superior, que admite una rejilla en la parte inferior que le permite el contacto con el fuego del hogar, y aloja la madera que se va a carbonizar. El hogar se sitúa en la parte inferior de la cámara de combustión, la que consiste en un habitáculo de chapa con aislación térmica de lana de vidrio.



**FIGURA 1.** Vista frontal de la instalación.



**FIGURA 2.** Vista posterior de la instalación

El proceso se inicia colocando la madera en el espacio comprendido entre tapa y rejilla, estando el cilindro en posición horizontal; en este caso se trabaja con una capacidad de hasta 1000 Kg (Figura 3). Una vez cargada la madera se coloca la rejilla en la abertura inferior del cilindro y con el empleo de un aparejo, se procede a colocar a éste sobre el hogar. Luego se procede al encendido de la madera destinada a quemar en el hogar. Se coloca el cilindro con la rejilla hacia abajo de tal manera que los gases calientes pasen a través de la madera. En primera instancia la madera contenida en el cilindro se seca y luego se produce la destilación seca propiamente dicha, generando gases combustibles a una temperatura de 450°C aproximadamente. Los gases de la combustión son dirigidos hacia una cámara exterior donde se realiza la combustión de los mismos y éstos luego salen por la chimenea.

Una vez terminado el proceso, controlado por el descenso de temperatura y presión interna del horno, se procede a realizar la extracción del cilindro, empleando nuevamente el aparejo y colocando el cilindro en una cama de arena para evitar el ingreso de aire y para que termine de “apagar” el carbón. Por último, la extracción del carbón se realiza colocando el cilindro sobre un soporte para extraer la rejilla y luego con el aparejo se procede a elevarlo extrayendo el material carbonizado (Figura 4).

Durante los ensayos se controlan los parámetros de temperatura, emanaciones de gases, cantidad de madera, humedad de la misma y cantidad y calidad de carbón obtenido. La temperatura del proceso se controla en cinco puntos de la instalación, empleando termocuplas tipo K conectadas a un Data Logger y a una computadora para registro de los datos. Para controlar la madera empleada para la carbonización y para la quema inicial, se emplea una balanza para pesar la cantidad asignada a cada destino. Para los ensayos se utiliza madera de la zona centro chaqueña que comúnmente se emplean en los procesos de carbonización en hornos media naranja.



**FIGURA 3.** Carga de la madera a carbonizar.



**FIGURA 4.** Descarga del producto.

Además se realizó en la zona una serie de visitas y entrevistas a productores de varias fincas productoras de carbón, de las que se pudo recoger información acerca de los procesos involucrados, costos y condiciones de trabajo. Otra fuente consultada fue la dirección de bosques de la provincia, la que tiene a cargo el control de toda la actividad forestal, incluida la producción carbonera. De acuerdo a esta última fuente se estima que

en el Chaco existen inscriptos y/o contabilizados setecientos productores de carbón con sus respectivos hornos o baterías de hornos, de los cuales solo cuatro se hallan registrados como exportadores. Los tamaños de los hornos empleados oscilan entre los 2 y 9 m de diámetro, y se toma como estándar un horno de 6.5 m para contabilizar la producción, dado que es la medida más común hallada, que a decir de los propios constructores y operadores de hornos, es la mejor configuración tanto para la construcción como para la producción. La mayoría de los productores, realiza esta actividad como complemento a su actividad principal, que puede ser agrícola o ganadera, obteniendo recursos extra para aliviar su economía, empleando recursos disponibles, aunque trabajando en forma aislada.

En relación a la operación del horno, el conocimiento del proceso se transmite de forma informal, de “boca en boca” entre productores. No existen estándares en esta industria; la producción que se lleva a cabo de forma artesanal. A su vez los hornos defieren en su diseño y construcción, dado que presentan variaciones en la cantidad de troneras, con diferencias en el tamaño y la ubicación de las mismas según sea el operador del horno. Además se constató que no existen buenas prácticas en la producción de carbón, los productores suelen diferir en cuanto una técnica óptima para realizar el proceso de pirolisis. Lo que sí es común en toda la zona, es la informalidad del trabajo y sobretodo la falta de uso de elementos de protección durante los procesos de carga, carbonización y descarga del horno. A esto se debe agregar que el producto tampoco resulta uniforme, ya que existen muchas especies de árboles nativos que se emplean como materia prima, para producir 3 tipos de carbón que comúnmente se denominan mezcla liviana, mezcla intermedia y mezcla pesada; cada mezcla utiliza distintas cantidades de maderas duras y livianas, variando la proporción de las mismas en cada tipo de mezcla, según la disponibilidad y el operador del horno.

#### 4. Resultados

Para la producción de carbón en cualquier tipo de horno es necesario contar con la leña dispuesta a pie de horno y con el tamaño correspondiente. El costo de esta operación se resume en la tabla 2. Se considera el cortado como la operación de la resulta el derribe de la especie seleccionada de su lugar de crecimiento. El rodeado es la operación de acarreo de la leña desde su punto de corte hasta que quede colocada en la puerta del horno.

**TABLA 2.** Costos de operaciones previas.  
Precios vigentes al 20/11/2014

Proceso	Precio (\$/m3)
Cortado	25
Rodeado	30

Además se deben tener en cuenta que para el cálculo de comparación de ambos métodos presentados se tendrá en cuenta un horno convencional media naranja de 6.5 m de diámetro, y para el horno cilíndrico metálico se tendrá en cuenta la instalación necesaria para realizar una producción semicontinua, que incluye una cámara de combustión con su respectivo hogar y tres cilindros metálicos. De acuerdo a este sistema se puede considerar que se podría trabajar 22 días al mes rotando el uso de los cilindros, cuya

capacidad se calcula en 1000 Kg de leña cada uno. Se debe tener en cuenta que por cada horno convencional media naranja, el tiempo de proceso abarca 20 días para completar el proceso. Asimismo se aclara que para el cálculo se considera el empleo de mezcla pesada de madera, con la que obtiene un producto de mejor aceptación en el mercado. Además se considera una equivalencia de 750 Kg de leña por metro cúbico.

**TABLA 3.** Resultados de la comparación.

	<b>Horno Media Naranja</b>	<b>Horno Cilíndrico Metálico</b>
<b>CONSTRUCCION</b>		
<b>Materiales</b>	4530	36000
<b>Mano de obra</b>	5000	4500
<b>Complementarios</b>	1800	2500
<b>PROCESO</b>		
<b>Cortado</b>	1625	484
<b>Rodeado</b>	1950	581
<b>Limpiado y Cargado *</b>	600	
<b>Quemado, Baño y Enfriado *</b>	300	
<b>Operación del horno</b>		2323
<b>Sacado *</b>	400	
<b>Cuidado nocturno *</b>	100	
<b>Mantenimiento</b>		1000
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>		
<b>Total leña empleada (Ton)</b>	38	22
<b>Rendimiento</b>	20%	35%
<b>Total producto obtenido (Ton)</b>	7.5	7.7
<b>Total recaudado</b>	7526	7700

Todos los valores están en pesos argentinos.

(\*) Operaciones típicas para hornos convencionales tipo media naranja.

## 5. Conclusiones

Como se puede observar de los resultados demostrados, es muy conveniente para el productor poder acceder a estas nuevas tecnologías de producción. La clave se encuentra en que se realice un buen diseño del proceso de transferencia de tecnología que lo beneficie en todos los aspectos presentados y que no solo sea de interés académico, sino que se involucre a todos los agentes posibles que puedan llevar adelante este proceso de recambio.

## 6. Bibliografía

- 1) Alves Magalhaes, E.; (2007) Desenvolvimento e análise de uma fornalha para aquecimento direto e indireto de ar utilizando biomassa polidispersa.
- 2) Secretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Chaco – Informes estadísticos 2009-2012. Anuario De Estadística Forestal. Dirección de Bosques.
- 3) Consejo Económico y Social del Chaco. Lifton, S.; Aguilar, E.; (2007). La cadena Foresto-Industrial del Chaco.

- 4) Font, R., Marcilla, A., Devesa, J. And Verdú, E.; (1993) Kinetics study of the flash pyrolysis of almonds shells in a fluidized bed reactor at high temperatures.
- 5) Ghetti, P., Ricca, L. and Angelini, L.; (1996). Thermal analysis of biomass and corresponding pyrolysis products.
- 6) Marquez Montesino, F.; (2010) Transformación térmica de la madera.
- 7) Sanabria, E. (1998) Optimización del proceso de producción de carbón vegetal. Tesis en opción a Posgrado.
- 8) Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina – Series Estadísticas Forestales 2009-2011.
- 9) <http://www.fao.org/docrep/x5328s/X5328S19.htm>



# **07TCAm - ESTUDIO DE LA GESTION INTEGRADA DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEEs) EN EL MARCO SUSTENTABLE. SALTA**

**PLAZA, G. C.<sup>1</sup>; ROJAS, J. V.<sup>2</sup>; GUANTAY, V.V.<sup>2</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. INIQUL. CONICET.**

**2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta.**

**gplaza507@gmail.com**

## **Resumen**

Se propone la implementación de la gestión integrada de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs), minimizando el impacto ambiental generado por la inadecuada disposición de los mismos, integrando tecnologías adecuadas de reciclado, con el consiguiente crecimiento económico regional.

En el presente trabajo se plantea el estudio de los RAEEs, principalmente los celulares y netbooks como principales proveedores de metales preciosos, analizando la fracción peligrosa de los mismos. Se determina que se contaría con 4.471.961 celulares en desuso lo que implica una recuperación de Oro y Plata de 107,326 kg y 1117,979 kg respectivamente. Asimismo se determinó que la cantidad de notebook en desuso proporcionaría una recuperación de 16,484 kg y 824,180 kg respectivamente.

## **1. Introducción**

Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEEs) tornan las actividades humanas más sencillas, rápidas y efectivas. Su uso demanda en la sociedad la necesidad de una continua actualización tecnológica. Cuando los AEEs han alcanzado su ciclo de vida útil, por falla o bien por cambio a tecnologías más modernas, pasan a ser considerados residuos.

De acuerdo al reporte publicado por la Asociación GSMA, en 2012 cada argentino genera 4 kilos de residuos electrónicos (La Nación, 2014). La alta generación de RAEEs, hace necesario gestionarlos adecuadamente. La Gestión Integral es un sistema de manejo de los Residuos Sólidos Urbanos - RSU - que, basado en el Desarrollo Sostenible, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final. Ello deriva en la preservación de la salud humana y la mejora de la calidad de vida de la población, como así también el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales. Comprende las etapas de generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. (GIRSU, 2014). Es importante un desarrollo de una tecnología ambiental con el fin de implementarla y así mitigar los efectos nocivos de una mala disposición de los mismos, dándoles valor agregado in situ y propiciando el desarrollo local. El reciclado disminuye el uso de materia prima virgen, con la subsecuente preservación de recursos naturales disponibles.

## **2. Objetivos**

Lograr un equilibrio ecológico entre el avance tecnológico y la preservación de nuestros recursos a través de:

Separación, inertización y/o inmovilización la fracción peligrosa de los RAEEs.

Valorización de los componentes de interés comercial con el consiguiente crecimiento económico de la región.

### 3. Metodología:

Se realiza un diagnóstico de generación de RAEEs mediante encuestas estructuradas y entrevistas. Se procede al desarme y caracterización de líneas de aparatos seleccionados por su alto contenido de metales preciosos (celulares y computadoras). Se identifica las sustancias peligrosas contenidas en los RAEEs, analizando el riesgo asociado y la solución correspondiente. Se plantea la gestión integrada y aprovechamiento (Au y Ag).









### 4. Resultados




#### 4.1 Residuos eléctricos y electrónicos una problemática grave actual

Los RAEEs contienen materiales de alto valor junto con sustancias peligrosas, en su mayoría de característica tóxica. Así, el contenido medio de sustancias peligrosas contenidas en los RAEEs en la actualidad es en promedio del 7% e incluye sustancias como las que se muestran en Tabla 1.

Se determina en campo que la población es consciente que los RAEEs tienen componentes con contenido de sustancias con características peligrosas que afectan a su salud.

**TABLA 1:** Sustancias peligrosas presentes en los RAEEs. (# sustancias peligrosas contenidas en celulares y netbooks).

Sustancia peligrosa	Uso	Efectos a la salud y medio ambiente	Pictograma
Plomo #	Soldaduras. Conos TV TRC Componentes electrónicos. Aditivo PVC. Baterías	Daños en sistema nervioso y riñón. Bioacumulativo. Tóxico	
Cadmio #	Componentes electrónicos. Estabilizantes PVC. Colorantes antiguos. Baterías	Bioacumulativo. Tóxico	
Mercurio #	Relés. Termostato. Lámparas fluorescentes. Pilas y baterías	Tóxico acuático. Bioacumulativo	
Cromo VI #	Protección de corrosión. Recubrimientos. Colorantes antiguos. Decorativo	Tóxico acuático Daña ADN, se absorbe a través de la pared celular	
PBB/PBD Es, Sb #	Aditivos plásticos. Placas electrónicas	Diversificador enzimático Precursor de dioxinas	
PCBs #	Condensadores antiguos	Tóxico bioacumulativo Diversificador enzimático	
Berilio #	Componentes cerámicos. Conectores (2% aleado con cobre)	Tóxico por inhalación. Cancerígeno	
Bario	Protección de radiación en pantalla	Tóxico por inhalación Daños al corazón e hígado	

PVC #	Plásticas y cables	Tóxico	
CFC SF <sub>6</sub>	Refrigeración. Aislamiento	Capa de ozono. Efecto invernadero	
Sustancias bromadas	Retardantes de fuego	Neurotóxico	

Conocer el origen de la contaminación y los efectos en la salud implica detectar el peligro lo que permite valorar el riesgo. Al respecto se deben establecer medidas de control que implican la gestión de la fracción peligrosa, a través de su desactivación, inertización y/o inmovilización que puede ser ejecutada insitu o mediante operador habilitado.

#### 4.2 Evaluación de la potencialidad de los RAEEs para el proceso de reciclado

El estudio se basa en determinar la composición de los RAEEs y su caracterización. Las sustancias de mayor potencialidad para su reciclado son las no renovables, que además poseen un alto valor de producción y comercialización (Tabla 2).

**TABLA 2:** Materiales constitutivos de RAEEs y su caracterización.

Ref: x valoración relativa, # componentes que se encuentran en celulares y netbooks.

Material	Característica	Composición media %	Potencialidad de reciclado
Madera	Renovable, no peligrosa	2,6	xx
Goma	Renovable	0,9	xx
Hierro y acero	No renovable, abundante, costoso de producir	47,9	xxxx
Plásticos #	No renovable, abundante, costoso de producir, no peligrosa	20,6	xx
Vidrio	No renovable, abundante, costoso de producir, no peligrosa	5,4	xxx
Cerámica #	No renovable, abundante, costoso de producir	2	x
Cobre #	No renovable, escaso, costoso de producir, no peligrosa	7	xxxx
Aluminio #	No renovable, escaso, costoso de producir	4,7	xxxx
Plaquetas con metales preciosos #	No renovable, escaso, costoso de producir, peligrosa	3,1	xxxx
Otros metales no férreos #	No renovable, escaso, costoso de producir, no peligrosa	1	xxxx
Sin clasificar	-----	4,8	

#### 4.3 Gestión Integral de RAEEs (GIRAEs)

Si bien es importante aumentar el ciclo de vida de los AEEs mediante reuso, luego pasan a ser RAEEs, cuya gestión integral se inicia con una adecuada y permanente

campaña de concienciación sobre los potenciales riesgos que implica una mala disposición de éstos y la responsabilidad del generador de entregar sus RAEEs o solicitar su retirada.

La Gestión integrada comprende los siguientes pasos:

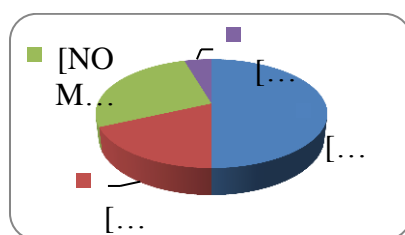
1. Recolección y traslado a planta de tratamiento
2. Clasificación de equipos y almacenamiento adecuado
3. Desmantelado (manual y/o automatizado), caracterización y clasificación de sus partes
4. Descontaminación de los RAEEs con sustancias peligrosas a través de la desactivación inertización e inmovilización de la fracción peligrosa.
5. Aplicación de técnicas sustentables, tendientes a la concentración de los compuestos valiosos
6. Adecuada y segura disposición de residuos

Además de pueden obtener los siguientes grupos característicos:

1. Fracción peligrosa no rentable: debe ser gestionada a través de operadores y eventualmente enviadas a disposición final en relleno de seguridad.
2. Material Ferroso: Estará sujeto a embalaje y comercialización directa con empresas de reciclaje de hierro (chatarrería).
3. Material no Ferroso: Será acopiado y reservado al abrigo de la intemperie (a fin de prevenir su lixiviación). De él se recuperan los metales valiosos. Puede quedar un remanente que según su característica se juntaran a las otras líneas.
4. Material Plástico: Una vez obtenido, directamente se embalará para ser posteriormente comercializado a las industrias de reciclado.
5. Fracción no peligrosa no rentable: se destina a disposición final en un relleno sanitario.

#### 4.4 Poseedor de RAEEs y su actitud frente a ellos

Las encuestas realizadas muestran que el 50% de la población acostumbra acumular los RAEEs en sus hogares (Figura 1) y según estimaciones del INTI, Centro Regional de Basilea y Greenpeace, entre el 50% y 60% de los RAEEs se acumulan en hogares, lo que confirma la evaluación en campo.

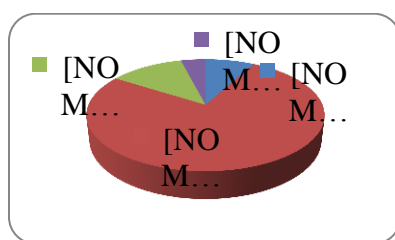


**FIGURA 1:** Resultados de encuestas basados en la pregunta “¿Qué hace usted con sus RAEEs?”

De acuerdo a lo observado se debe implementar un programa de gestión, situando puntos intermedios de almacenamiento en base a la accesibilidad del generador entre otras variables.

#### 4.5 Estimaciones de generación de celulares y netbooks como RAEEs

Considerando la cantidad de habitantes en la zona de estudio, dada por el censo del año 2.010 y teniendo en cuenta que el 76% de las personas encuestadas cambió de celular entre 1 y 5 veces (Figura 2), se contaría con 4.471.961 unidades en desuso.



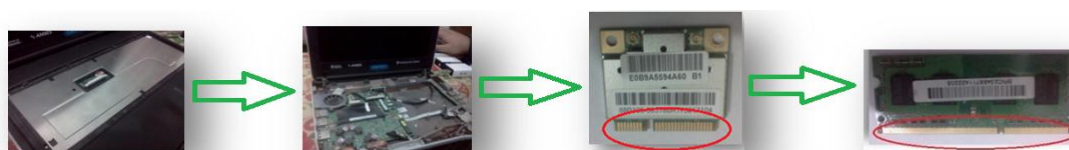
**FIGURA 2:** Resultados de encuestas basados en la pregunta “¿Cuántas veces cambio Usted su celular?”

Asimismo para el caso de computadoras, en la muestra estudiada, los encuestados no manifiestan poseer este tipo de unidad en desuso en sus hogares. Sin embargo en Argentina desde abril de 2010 a través del Decreto N° 459/10, se estableció como política educacional, entregar netbooks a alumnos y docentes de escuelas secundarias públicas y escuelas de educación especial e institutos de formación docente, mediante el programa Conectar Igualdad. La provincia en estudio recibió 82.418 netbooks (Secretaría de Comunicación pública, Presidencia de la Nación, 2012).

Se espera que por uso y cambio tecnológico estos AEEs pasen a ser RAEEs a corto plazo.

#### 4.6 Identificación de Oro (Au) y Plata (Ag) en sus plaquetas

Se realizó el desmontaje de una netbook marca DEPOT, cuyas fases para la identificación de metales preciosos en la plaqueta se observan en la Figura 3.



**FIGURA 3:** Fases de desmontaje e identificación de baño de metal precioso.

Por otro lado se procedió con un celular Motorola de igual modo, Figura 4.

Se comprueba en laboratorio la presencia de metales preciosos en las plaquetas electrónicas, mediante la prueba de no reactividad de estos metales frente al ácido clorhídrico (HCl).



**FIGURA 4:** Fases de desmontaje e identificación del metal precioso.

#### 4.7 Aprovechamiento de Oro y Plata

La existencia conjunta de sustancias peligrosas y valiosas dificulta la concentración de estas últimas con alto valor en el mercado

Se utiliza el método de lixiviación con cianuro para extraer los metales preciosos contenidos. El proceso transcurre bajo condiciones de pH controladas y recirculación del cianuro para minimizar todo impacto negativo por liberación de sustancias tóxicas. La solución de cianuro recirculante contiene metales pesados y pueden ser extraídos en carbón activado, para luego ser incinerado y fundido, permitiendo la inmovilización del residuo y la regeneración del cianuro que se circula. En la Tabla 3 se observan valores aproximados de la cantidad de oro y plata que se puede aprovechar de las plaquetas electrónicas de la cantidad de celulares y computadoras disponibles como RAEEs, a la fecha.

**TABLA 3:** Cantidades de Oro y Plata posibles de recuperar de RAEEs.

Cantidad	Celulares		Cantidad	Notebook	
	Oro (mg)	Plata (mg)		Oro (mg)	Plata (mg)
1(*)	24	250	1	200	1000
(A) 4.471.916	107.325.984	1.117.979.000	(B) 82.418	16.483.600	8.2418.000

Fuente (\*): Umicore, 1.991. (A) Valor estimado de celulares en desuso y (B) computadoras en desuso

#### 4.8 Fortalecimiento de la dimensión social de la región por la GIRAEES

La gestión integrada de RAEEs reduce la pobreza urbana a través de la integración de sectores sociales vulnerables a la cadena de valor. En la Tabla 4, se observan los actores intervinientes en la gestión integrada de RAEEs detallando sus obligaciones y derechos. En la misma se observa su vinculación que fortalece la integración social.

**TABLA 4:** Derechos y obligaciones de los actores intervinientes en la gestión integrada de RAEEs.

Actor	Función	Derechos	Obligaciones
Usuarios finales de AEEs	Compra y consumo de equipos	Medio libre de contaminantes provenientes de RAEEs.	Entrega gratis de todo tipo de RAEEs. No disponer RAEEs en forma inadecuada
Empresa de RAEEs	Recolección de RAEEs, desensamble y valorización de productos	Declaración de RAEEs recepcionados. Administración y posesión de los ingresos generados en los centros de valorización.	Recibir los RAEEs declarados. Capacitarse en el rubro Trabajar en manera segura para el medio ambiente y la salud. Cumplir la reglamentación vigente.
Municipios	Apoyar a empresas de RAEEs	Intervención y control	Facilitar las instalaciones adecuadas de RAEEs.
Operadores de fracciones peligrosas	Retirada segura y gestión de la fracción peligrosa	Recibir la fracción perfectamente identificada	Estar debidamente registrados. Entregar certificado de disposición final
Productores de AEEs	Financiar la disposición de la fracción no rentable	Información transparente	Asumir los costos de disposición final de la fracción no rentable

## **5. Marco reglamentario**

La gestión de RAEEs debe ser sustentable y responsable, atendiendo el bienestar de las generaciones presentes y futuras. (Constitución Nacional, 1.994).

Si bien existe la ley de presupuesto mínimo de Gestión de Residuos domiciliarios, Ley 25916; es imperiosa la promulgación de una ley específica que regule la gestión de RAEEs en Argentina.

## **6. Conclusiones**

El modelo de gestión integrada de RAEEs obtenido a partir del diagnóstico y caracterización de generación de RAEEs es factible con el compromiso de los distintos actores, por lo que constituye un modelo de inclusión con característica de distribución local de la renta.

Asimismo el modelo garantiza una alta reducción en la disposición en rellenos sanitarios y vertederos ilegales, reducción de la contaminación del ecosistema y mayor calidad de vida de la población.

La gestión integral de RAEEs constituye un proyecto sustentable, dado que conlleva un desarrollo económico con un impacto positivo regional en lo social y ambiental.

## **7. Referencias bibliográficas**

- GIRSU. 2014. Observatorio Nacional para la gestión de Residuos Sólidos urbanos. Secretaría de Ambiente y desarrollo sustentable de la Nación.
- INTI. Programa Nacional de RAEEs en base a datos CNC, CAMOCA, e INTI-Economía Industrial, 2007
- Vázquez Barquero, Antonio (1993): Política económica local. La respuesta de las ciudades a los desafíos del ajuste productivo, Madrid, Pirámide, 332 pp.
- Palomino Luis. El compromiso ambiental en la gestión de RAEEs. 2008. ASEGRE Asoc. de Empresas gestora de residuos y recursos especiales. Univ. de Cádiz.

# **08TCAm - OBTENCIÓN DE FAME POR VÍA ENZIMÁTICA UTILIZANDO ACEITE DEL COCO DE LA PALMERA ACROCOMIA ACULEATA Y ETANOL**

**MONTESANO, J.<sup>1</sup>, HUTIN, A.<sup>1</sup>, TURCHETTI, M.<sup>1</sup>; KNUDSEN, M.<sup>1</sup>, FONTAL A, L.<sup>1</sup>.; ZARRABEITÍA M. C.<sup>1</sup>.**

**1. Universidad Católica Argentina UCA- Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Grupo de Bioenergía. Alicia Moró de Justo 1500, Tel. 4349-0200, Puerto Madero. Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
E- mail [juanmontesano45@gmail.com](mailto:juanmontesano45@gmail.com)**

## **Resumen**

Introducción: El biodiesel o metil ésteres de ácidos grasos (fatty acid methyl ester, FAME) de cadena larga, es un biocombustible que ha sido propuesto como una alternativa para sustituir parcialmente el diesel. El FAME es producido convencionalmente a través de la reacción de transesterificación, en donde aceites vegetales y metanol reaccionan en presencia de un catalizador básico para producir FAME y glicerol como residuo o subproducto.

A pesar de que el proceso convencional de producción de FAME ha sido ampliamente utilizado, éste presenta falencias tanto ambientales como económicas.

Este trabajo presenta una propuesta, más ecológica y de factibilidad técnica, para la fabricación de biodiesel, usando un aceite de segunda generación, etanol en lugar de metanol con una enzima soportada, como catalizador.

El desarrollo de las energías renovables constituye una apuesta importante en la matriz energética del país. Las energías renovables tienen múltiples efectos positivos sobre el conjunto de la sociedad: entre otros, la sostenibilidad de sus fuentes, la reducción en las emisiones contaminantes, el cambio tecnológico, la posibilidad de avanzar hacia formas de energía más distribuidas, la reducción de la dependencia energética y del déficit de la balanza comercial, el aumento del nivel de empleo y el desarrollo rural

## **1. Introducción**

En la producción convencional de FAME se utiliza sales alcalinas tales como el NaOH, las cuales reaccionan con el metanol para generar metóxido como catalizador. El uso de estos catalizadores, genera residuos líquidos, debido a que se requiere una etapa de lavado del FAME al final del proceso, necesaria para eliminar las sales alcalinas utilizadas. Por otro lado, los aceites vegetales utilizados en este proceso (que provienen mayormente de soja en nuestro país), presentan un costo elevado, incrementando el valor del producto final por sobre los del combustible fósil.

Los costos del aceite vegetal corresponden a alrededor de un 80 % de los costos totales de producción. El objetivo primario es modificar las materias primas.

El reemplazo del aceite de soja, por el proveniente de los frutos de una palma aceitera (Acrocomia Aculeata).

Las actuales plantas procesadoras de frutos, poseen un Mesocarpio (rico en  $\beta$ -caroteno) y, un Endocarpio apto para el consumo humano, bien administradas, muestran una alta rentabilidad y un corto periodo de recuperación del capital invertido, aun sin considerar la utilización de los aceites como materia prima de biodiesel. Esta última aplicación puede dar mayor valor agregado a la cadena de producción.

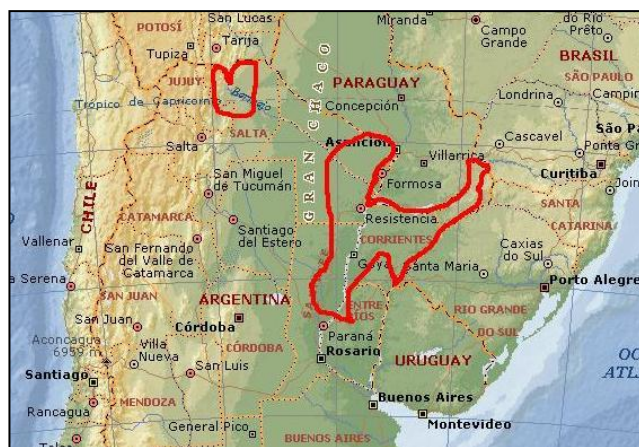


Si la bioenergía jugará un importante rol en el futuro, la viabilidad de un proyecto de este tipo dependerá mucho de lo que un cultivo pueda ofrecer en alimentación, materias primas para energía propiamente dicha y otros usos útiles y rentables en una determinada área. *Acrocomia* satisface estas condiciones como pocas o ninguna otra planta en el subtrópico, siendo además, y a diferencia de otros cultivos energéticos alternativos, muy utilizable por el propio agricultor en su finca.

Considerando una producción de 22 ton/ha – año y la composición promedio de frutos señalada, resulta que *Acrocomia* podría generar alrededor de 3,2 Ton/ha de aceites y posiblemente aun más.

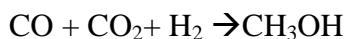
Se han realizado ensayos exitosos de conversión a FAME con aceite de origen paraguayo.

El mapa de la FIGURA.1 muestra que, no solamente es una especie del Paraguay si no que esta palmera crece en el norte y en una amplia zona del noreste argentino. Su explotación cumplirá una importante función social, en poblaciones de bajos recursos.



**FIGURA. 1** Zonas de crecimiento de palmera *Acrocomia*

La otra materia prima, que comúnmente se utiliza, para la fabricación de biodiesel, es el metanol. Actualmente, todo el metanol producido mundialmente se sintetiza mediante un proceso catalítico a partir de monóxido de carbono e hidrógeno. Esta reacción emplea altas temperaturas y presiones, y necesita reactores industriales grandes y complicados.

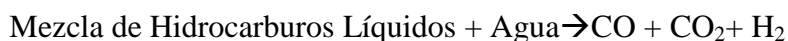


La reacción se produce a una temperatura de 300-400 °C y a una presión de 200-300 atm. Los catalizadores usados son ZnO o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

El gas de síntesis (CO + H<sub>2</sub>) se puede obtener de distintas formas. Los distintos procesos productivos se diferencian entre sí precisamente por este hecho. Actualmente el proceso más ampliamente usado para la obtención del gas de síntesis es a partir de la combustión parcial del gas natural en presencia de vapor de agua.



Sin embargo el gas de síntesis también se puede obtener a partir de la combustión parcial de mezclas de hidrocarburos líquidos o carbón, en presencia de agua



Como se ve, con la utilización de metanol se mantiene una dependencia indirecta con los combustibles fósiles.

El etanol, sin embargo, se puede producir a partir de celulosa. El proceso consiste en convertir la celulosa, que puede provenir de pastos perennes, restos de cosechas, tallos de maíz, bagazo de caña, árboles de rápido crecimiento, residuos orgánicos municipales y de casi cualquier otro material orgánico, en azúcares y utilizar también, enzimas de alta tecnología para fermentarlos.

En segunda instancia, la utilización de lipasas inmovilizadas como catalizador, permite el uso de materias primas alternativas en la producción de FAME. Esto se debe a que junto con llevar a cabo la transesterificación de triglicéridos (TG), estas enzimas catalizan la esterificación de los triglicéridos para producir FAME. Además, el uso de lipasas inmovilizadas evita la etapa de lavado al final del proceso permitiendo la recuperación y reutilización de las enzimas, evitando así la generación de residuos líquidos y generando glicerol libre de impurezas

## 2. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un proceso batch, enzimático de producción de etil ésteres de ácidos grasos, utilizando enzimas inmovilizadas como catalizador y aceite de coco de la palmera Acrocamia (especie oriunda del Paraguay, norte y noreste argentino) como materia prima.

Objetivos específicos

- Establecer el rendimiento de etil ésteres de ácidos grasos, usando como catalizador una enzima inmovilizada (lipasa de la familia de las hidrolasas), aceite del coco de la palmera Acrocamia (origen paraguayo), como materia prima; a través de una reacción de esterificación y transesterificación. Operación realizada en un reactor discontinuo.
- Establecer un tratamiento para la reutilización de la enzima actual durante procesos sucesivos de producción de etil ésteres de ácidos grasos.
- Prueba con diferentes tipos de enzimas
- Modelado del proceso.
- Realizar un cambio de escala en el reactor batch ajustando las variables fisicoquímicas.

## 3. Metodología

Las reacciones para cumplir el primer objetivo específico, se llevan a cabo en un reactor de  $V = 800$  ml a  $30^\circ\text{C}$  y agitación de 189 rpm. (Ver FIGURA 2.).

En todos los casos se usaron:

- Aceite de coco. Previamente se calienta hasta  $60^\circ\text{C}$ , se filtra y se deja enfriar. El reactor se carga con 500g.
- Enzima para cinco corridas: 357 g,
- Bicarbonato de sodio ( $\text{NaCO}_3\text{H}$ ) 0,1 M: para las cinco corridas: 125 ml.
- Etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) para las cinco corridas: 486 ml.



**FIGURA 2.** Reactor batch utilizado para la investigación

#### **4. Resultados**

##### **Método empleado**

Se trabajó según el criterio y las técnicas analíticas descriptas en los métodos:

Christie, W. W. (1993). *Advances in Lipid Methodology - Two*. Dundee, Escocia: The Oily Press.

Improving the Analysis of FAMES using retention time locked methods and retention time databases”, por Frank David, Pat Sandra y Philip Wylie, Agilent Technologies.

AOCS Ce 2-66 “Alternate methods for fats and oils (acid value < 2)”

Se realizó una dilución de la muestra en hexano , posteriormente se esterificó con trifluoruro de boro /etanol y se reforzó la derivatización con N,N –dimetilformamida dimetil acetal .

Se comparó la suma de las áreas únicamente de los ácidos grasos esterificados en cada caso para ver la eficiencia de la esterificación .

Se corrigieron las áreas del derivatizado por pesada para comparar los valores para el mismo peso .

Masa muestra derivatizada : 0.1176g

Masa de muestra sin derivatizar :0.1176g

Se observa que los compuestos identificados en la muestra sin derivatizar no son metil ésteres sino etil ésteres.

Si se considera la eficiencia de la esterificación sin tener en cuenta si son ésteres metílicos o etílicos, **la eficiencia de la esterificación es de : 96.31%** ( para realizar este cálculo se compararon la suma total de áreas de la muestra derivatizada con la suma total de áreas de los esterificados en la muestra tal cual )

Se observa glicerol libre en la muestra sin derivatizar (se dejó en la lista de identificados, si bien no es un ácido graso porque su presencia podría ser significativa)

RT	Library/ID	Area %
1.7197	caprilato de etilo	0.046
1.9014	caprato de etilo	0.078
2.2427	laureato de etilo	2.207
2.8691	miristato de etilo	0.398
4.0872	palmitato de etilo	9.908
4.3064	palmitoleato de etilo	1.425
4.7887	glicerol	
6.3138	stearato de etilo	0.747
6.9025	oleato de etilo	76.129
7.4192	linoleato de etilo	2.912
8.5842	linolenato de etilo	0.167
9.7836	arachidato de etilo	0.069
10.1124	ácido láurico	0.077
10.3159	ácido mirístico	0.054
12.62	Ácido behénico	0.060
13.3724	ácido palmítico	0.569
14.0112	Acido oleico	0.593
16.9674	Linoleic acid ethyl ester	0.074
17.7816	ácido stearico	0.074
18.934	ácido oleico	4.222
20.2837	ácido linoleico	0.191

**FIGURA 3.** Perfil de ésteres etílicos. Fuente protocolo entregado por laboratorio

En el perfil de ácidos grasos se pueden agrupar los ésteres etílicos, por un lado, los ácidos grasos libres por otro y el glicerol por otro .

Porcentaje de ésteres etílicos 94.14%

Porcentaje de ésteres metílicos: 0%

Porcentaje de ácidos grasos libres :5.84%

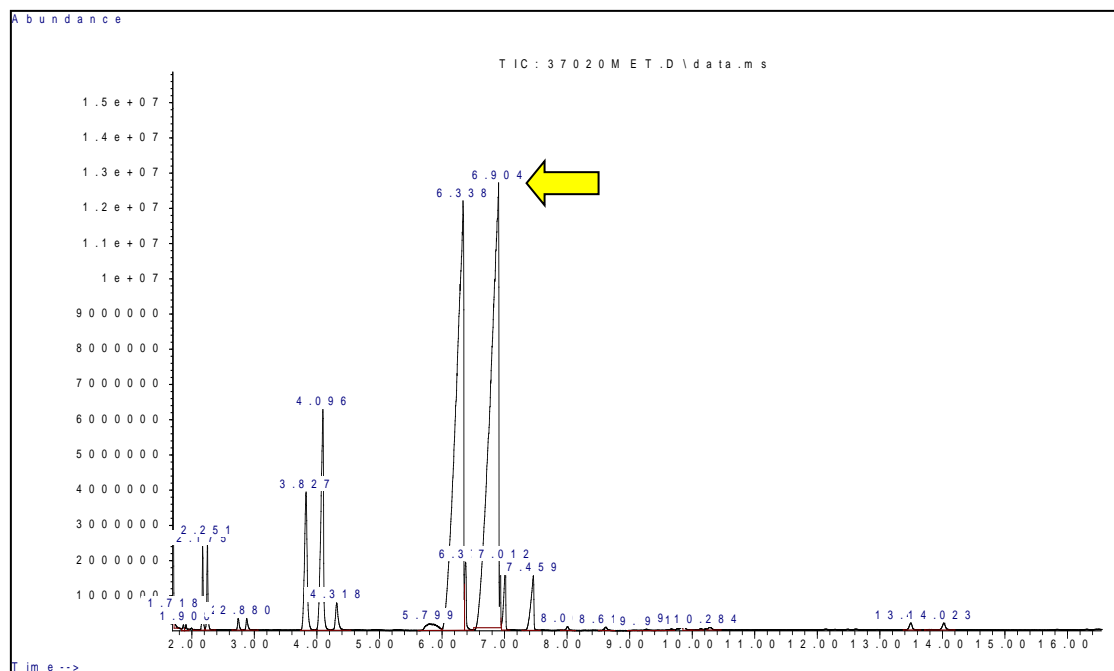
Glicerol libre: 0.03%

NOTA: el valor en % de ésteres etílicos del perfil , no es la eficiencia de la esterificación , porque usualmente, al derivatizar hay ácidos grasos que aparecen o aparecen aumentados , que no se veían en la muestra tal cual, es por eso que siempre se realiza la derivatización .

Estos valores se expresan en área %, no son valores de % p/p, sino relativos entre sí , del total de ácidos grasos presentes .

Límite de cuantificación (LC): 0.03%

Límite de detección (LD): 0.01%



**FIGURA 5.** Cromatograma según muestra

En la FIGURA 5 se muestra el cromatograma obtenido de la muestra analizada, donde se ha indicado el porcentaje máximo de ésteres etílicos obtenidos

## 5. Resultados y Conclusiones

La etanolisis enzimática de aceites, permite que el sistema se simplifique, en especial cuando se utilizan lipasas soportadas. Estas tienen la ventaja de que como sustrato para la producción de biodiesel pueden usar tanto los ácidos grasos como los tri, di, y monoglicéridos, los que abundan en la materia prima utilizada. Además, en el proceso enzimático, el glicerol se obtiene libre de impurezas lo que facilita su comercialización. En este trabajo se presentan los resultados de la revisión bibliográfica sobre la influencia de variables tales como temperatura, intensidad del mezclado, tiempo de reacción, tipo de alcohol, concentración molar alcohol: aceite vegetal, posible reutilización del biocatalizador, ácidos grasos libres sobre el rendimiento en la producción. En la catálisis enzimática de aceites vegetales se alcanzan rendimientos superiores al 90%,

Además, se encuentra, que el contenido de ácidos grasos y de humedad no son parámetros que requieran un control riguroso debido a la alta especificidad de las enzimas.

Quedan por cumplir algunos objetivos específicos pero los estudios que se vienen realizando en la Universidad para la producción del biodiesel utilizando enzimas como catalizadores son promisorios y pueden llevar, a la producción de un biodiesel aún más “verde”.

Pretendemos compartir la experiencia en el desarrollo de un proceso batch, enzimático de producción de etil ésteres de ácidos grasos, utilizando enzima(lipasas) inmovilizadas como catalizador y aceite de coco de la palmera *Acrocamia* (especie oriunda del Paraguay, norte y noreste Argentino) y etanol como materias primas.

## 6. Bibliografía

- Al-Zuhair S, Dowaidar A, Kamal H (2009) Dynamic modeling of biodiesel production from simulated waste cooking oil using immobilized lipase. *Biochem Eng J* 44:256-262
- Al-Zuhair S, Wei F, Jun L (2007) Proposed kinetic mechanism of the production of biodiesel from palm oil using lipase. *Process Biochem* 42:951-960.
- Atkinson B. (1986) *Reactores Bioquímicos*. Ed. Reberté S.A. Barcelona
- Cheirsilp B, H-Kittikun A, Limkatanyu S (2008) Impact of transesterification mechanisms on the kinetic modeling of biodiesel production by immobilized lipase. *Biochem Eng J* 42:261–269.
- COPEC para análisis de combustibles. Compañía de Petróleo de Chile S.A.
- Dossat V, Combes D, Marty A (1999) Continuous enzymatic transesterification of high oleic sunflower oil in a packed bed reactor: influence of the glycerol production. *Enzyme Microb Tech* 25:194–200.
- Dossat V, Combes D, Marty A (2002) Lipase-catalysed transesterification of high oleic sunflower oil. *Enzyme and Microbial Technology* 30:90-94
- Fogler S. H.(2001) *Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas*. Tercera Edición. Ed. Prentice Hall. México

# **09TCAm - REMOCION DE CROMO HEXAVALENTE UTILIZANDO QUITOSANO RETICULADO, OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE CRUSTÁCEOS**

**DIMA J. B.<sup>1,2</sup>; SEQUEIROS C.<sup>2</sup>; ZARITZKY N. E.<sup>1,3\*</sup>**

<sup>1</sup>**Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA - CONICET- UNLP).Calle 47 y 116 La Plata (1900) Argentina**

<sup>2</sup>**Centro Nacional Patagónico (CONICET-CENPAT). Argentina**

<sup>3</sup>**Depto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. Argentina**

**\*E- mail: zaritzkynoemi@gmail.com**

## **RESUMEN**

Se obtuvieron micropartículas de quitosano (MQS) a partir del quitosano (QS) extraído de exoesqueletos de langostinos desechados por la industria de crustáceos de la ciudad de Puerto Madryn (Chubut). Previamente el quitosano se caracterizó determinando el grado de desacetilación por valoración potenciométrica y por espectroscopia infrarroja (FTIR); su peso molecular (Mv) se obtuvo mediante mediciones de viscosidad intrínseca. Las micropartículas de quitosano fueron sintetizadas por gelificación iónica del quitosano con tripolifosfato de sodio (TPP) y caracterizadas según su tamaño y distribución. El grado de desacetilación del quitosano fue de 90,2% y el Mv fue de  $2 \times 10^5$  Da. Las micropartículas de quitosano reticuladas con TPP resultaron de un diámetro medio de 101nm para una relación QS-TPP de 1,25g/L-1,5g/L.

Se estudió la eficacia del quitosano y las micropartículas reticuladas en la remoción de cromo hexavalente Cr(VI) en soluciones acuosas a diferentes pH, tiempos de contacto y concentraciones de Cr(VI). Se determinaron las isotermas de equilibrio y las cinéticas de adsorción. La isoterma de equilibrio de Langmuir y la cinética de adsorción de pseudo segundo orden, fueron las que mejores se ajustaron a los datos experimentales. Las MQS fueron más estables y eficaces a pH <3 debido al proceso de reticulación.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La industria alimentaria se enfrenta al reto de optimizar la gestión y el tratamiento de los residuos que se generan durante el procesamiento industrial. Los desembarcos de crustáceos en Argentina representan varios miles de toneladas anuales siendo la ciudad de Puerto Madryn (Patagonia-Argentina) uno de los principales puertos de desembarco (SAGyP, 2013); con cerca de 45000t/año (2013). El mayor porcentaje de captura corresponde al langostino, seguido por la centolla, el camarón y los cangrejos. En el procesamiento de dichas especies, para el aprovechamiento del músculo comestible, se generan residuos sólidos de difícil disposición (exoesqueletos), que se acumulan en basurales constituyendo un contaminante ambiental. En la industrialización de la carne del langostino, el exoesqueleto restante de la remoción de carne y vísceras, representa entre un 35% y 50% de su peso total. Estos residuos tienen una composición rica en quitina, de la que se obtienen derivados de gran interés como el quitosano, que presenta diversas aplicaciones industriales. El quitosano puede prepararse líquido, en escamas, en polvo o formando micropartículas (MQS), dependiendo de su utilización.

En los últimos años las MQS están siendo investigadas en diferentes áreas científicas, ya sea como portadoras de fármacos, para mejorar la asimilación de los mismos

(Rodriguez-Hamamura et al., 2010), como sistema para liberación de proteínas, mostrando una excelente capacidad de atrapamiento (Grenha et al., 2005), como agente antibacteriano (Wei et al., 2009) o como adsorbente de metales (Liu et al., 2009).

Los metales como contaminantes de cursos de agua pueden provenir de efluentes urbanos o industriales. El cromo y dicromo tienen muchas aplicaciones industriales, y se utilizan en la industria textil, la galvanoplastia, curtido de cuero, pinturas, pigmentos y metalurgia (Bhatnagar y Sillanpää, 2009). El cromo es un metal potencialmente tóxico para los seres humanos, ya que es cancerígeno. El Cr (III) y Cr (VI) son los estados de oxidación del cromo más estables. El Cr (VI) es tóxico para los sistemas vivos y se debe retirar de las aguas residuales antes de que pueda ser descargada (Hená, 2010). El límite permitido para el cromo hexavalente en las aguas residuales industriales es de 0,1 mg/L (Hena, 2010). En Argentina las normas de descarga de aguas residuales establece un límite máximo permisible de 0,2 mg/L en los cursos de agua superficiales (Autoridad del Agua, 2003).

Para su remoción, el proceso de adsorción se considera una de las técnica más adecuadas, debido a su alta eficiencia y menor costo (Hena, 2010). Se ha estudiado la adsorción utilizando compuestos extraídos de organismos vivos, que son abundantes y biodegradables. Entre estos se encuentran el quitosano, que se extrae del residuo generado por la industria procesadora de crustáceos y que ha demostrado remover eficazmente metales como cromo, cobre, mercurio y plomo, entre otros (Schumul et al., 2001; Liu et al., 2009). Sin embargo, el quitosano resulta inestable a bajos pH (Laus et al., 2010). Las modificaciones químicas del quitosano son adecuadas para evitar su disolución en medios ácidos; de esta manera, las cadenas de quitosano pueden ser químicamente reticuladas con tripolisfosfato de sodio y conducir a matrices estables (Calvo et al., 1997).

El objetivo del presente trabajo fue: a) desarrollar micropartículas de quitosano, utilizando la técnica de gelificación iónica, a partir del quitosano extraído de residuos de exosqueletos de la industria de langostino; b) caracterizar el tamaño y distribución de las partículas obtenidas; c) evaluar la eficacia de las MQS en la adsorción de Cr(VI).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Obtención y caracterización del quitosano**

Exoesqueletos de langostinos patagónicos molidos, se despigmentaron con una mezcla de agua y acetona. Posteriormente, se descalcificaron con HCl 1,5M. Por último, se desproteinizaron con NaOH al 4,5%. El producto obtenido se lavó con abundante agua destilada, se secó en estufa por 24h obteniéndose quitina. La quitina fue tratada con NaOH al 50% a 120°C, luego fue filtrada y lavada con abundante agua destilada, se secó en estufa por 24h y se obtuvo quitosano (QS).

La determinación del grado de desacetilación del QS obtenido se realizó por valoración potenciométrica utilizando la técnica original descrita por Broussignac (1968) y por espectroscopía infrarroja (FTIR) (Equipo Bruker IFS 66). Se usó el método de correlación propuesto por Brugnerotto et al (2001), donde el grado de acetilación del QS se calcula a partir de la integración de bandas características de acuerdo a la Ecuación 1:

$$DD(\%) = 100 - [31,92 \cdot (A(1320\text{cm}^{-1})/A(1420\text{cm}^{-1})) - 12,20] \quad (1)$$

donde  $A(1320\text{cm}^{-1})$  y  $A(1420\text{cm}^{-1})$  son las absorbancias de los picos del espectro IR.



La evaluación del peso molecular viscosimétrico del QS se llevó a cabo mediante la técnica de viscosimetría capilar utilizando un viscosímetro de Ostwald y la ecuación de Mark-Houwink-Kuhn-Sakurada (MHKS).

$$[\eta] = k Mv^a \quad (2)$$

## 2.2 Producción de micropartículas de quitosano reticuladas con tripolifosfato (TPP)

Debido a la toxicidad del glutaraldehído y otras moléculas orgánicas utilizadas en la síntesis de geles con uniones covalentes, se propuso la utilización de la técnica de gelificación iónica que utiliza TPP como agente reticulante. Las micropartículas de quitosano se prepararon tomando como base el procedimiento reportado por Calvo et al (1997). Para ello, se realizaron diversas pruebas con el fin de obtener el tamaño de las partículas en suspensión deseado, variando la concentración de quitosano y de TPP. Luego, bajo agitación magnética constante y a temperatura ambiente, se agregó gota a gota, con una jeringa insulínica, 1mL de solución acuosa de TPP a 3 mL de la solución quitosano. Las micropartículas se recolectaron por centrifugación a 10000rpm durante 20m. El tamaño de la partícula se determinó por espectroscopía de correlación de fotones utilizando un equipo Delsa<sup>TM</sup>Nano C Instrument (Beckman Coulter) y por observación en un microscopio electrónico de barrido (SEM) Philips X-L 30.

## 2.3 Aplicación de QS y MQS en la remoción de cromo hexavalente Cr (VI)

Se estudió la capacidad de adsorción del QS y las MQS para eliminar el Cr(VI) de aguas residuales. Los experimentos de adsorción se realizaron bajo diferentes condiciones de: concentración inicial de Cr (VI) (50 a 400 mg L), tiempos de contacto (30min, 1h, 2h, 3h), y pH (2-6). Los experimentos de adsorción se llevaron a cabo utilizando 80mg de QS o 40mg de MQS en 50ml de volumen de Cr (VI). Todos los experimentos se llevaron a cabo en ensayos batch a 25°C, bajo agitación constante. Las concentraciones finales de Cr(VI) se determinaron por espectrometría de absorción atómica de llama (Instrumental Laboratorio IL457). La capacidad de adsorción de Cr(VI) en condiciones de equilibrio se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q_e = \frac{(C_i - C_{eq}) V}{w} \quad (3)$$

donde  $Q_e$  (mg/g) es la cantidad de iones metálicos adsorbidos,  $C_i$  y  $C_{eq}$  son las concentraciones de metal (mg/l) en la solución a tiempo cero y después del equilibrio,  $V$ (L) es el volumen de la solución y  $w$  es la masa (g) del adsorbente.

Para la descripción matemática de las relaciones de equilibrio de los iones de Cr(VI) en QS y MQS se utilizaron las isoterms de Langmuir, Freundlich y Temkin. Los análisis cinéticos se determinaron usando los modelos de pseudo primer y segundo orden y la ecuación de Elovich. Los parámetros de operación fueron:  $T = 25^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=4$ , tiempo=3h.

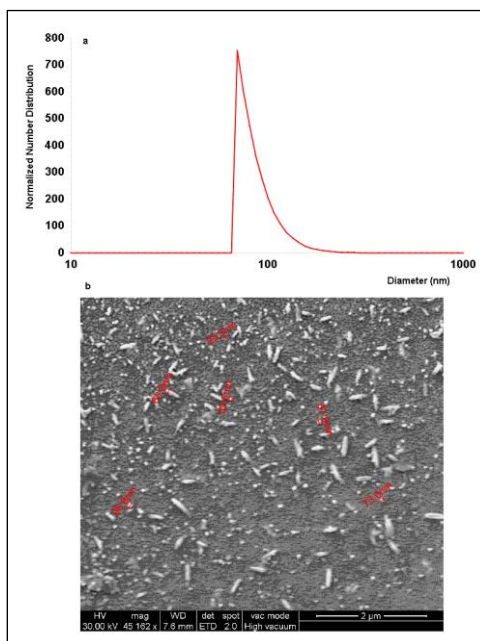
## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Caracterización del quitosano obtenido

El rendimiento en quitina en función del peso del material triturado fue de 25,9%. El quitosano representó el 76,8% de la quitina inicial. El grado de desacetilación fue de 90,2% (por la técnica potenciometría) y de 88,6% (por FTIR). El peso molecular viscosimétrico ( $M_v$ ) se determinó a partir de la Ec. (2) de MKHS utilizando los parámetros hallados por Rinaudo et al (1993);  $K=0,082$  y  $a=0,76$ .  $M_v$  resultó de  $2,39 \times 10^5$  Da.

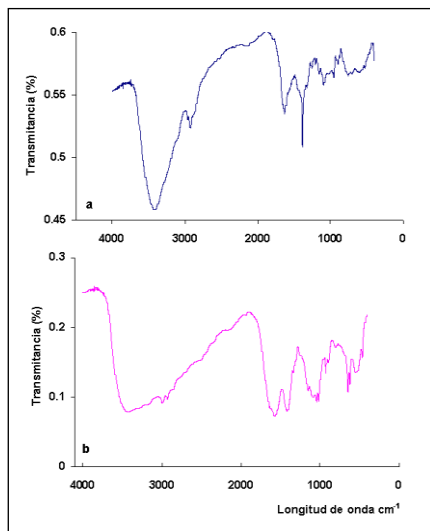
### 3.2 Resultados de la obtención y caracterización de las MQS reticuladas con TPP

Las micropartículas se forman espontáneamente tras la incorporación de 1ml de la solución de TPP a 3ml de la solución ácida de QS. Un buen tamaño de partícula con una suspensión estable se encontró para una concentración final de 1-1,5g/L de TPP y 1,25 g/L de QS; a esta concentración, el tamaño medio de las MQS fue 101 nm ( $P_{10}=88\text{nm}$ ;  $P_{90}=145\text{nm}$ ) con una distribución de tamaño estrecha (índice de polidispersidad  $<1$ ). El tamaño de las MQS determinados por el equipo Coulter Beckman (Fig. 1a) estuvo de acuerdo con el observado por microscopía SEM (Fig. 1b); dado que el diámetro medio de las MQS fue de 101nm, pueden considerarse como nanopartículas (Qu et al, 2013).



**FIGURA 1.** Distribución del tamaño de partícula (a) y micrografías de nanopartículas de quitosano (b) para una relación quitosano- TPP de 1,25 mg/ml:1,5mg/ml

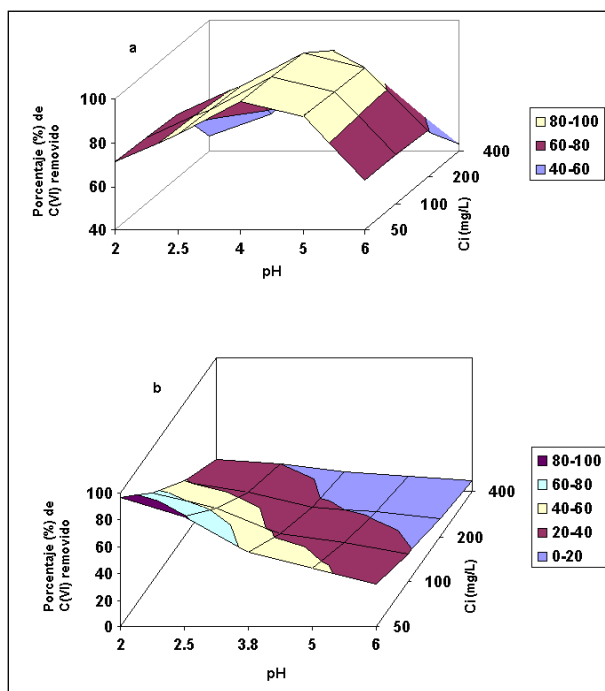
La Figura 2 muestra los espectros FTIR de QS de exosqueleto de langostino y las MQS reticuladas con TPP. Las intensidades de banda  $-\text{CONH}_2$  a  $1650\text{cm}^{-1}$  y  $-\text{NH}_2$  a  $1598\text{cm}^{-1}$ , que se observan claramente en el quitosano, no son nítidas en el espectro IR de las MQS, y aparecen dos nuevas bandas características a  $1635\text{cm}^{-1}$  y  $1559\text{cm}^{-1}$ , que muestran que los grupos aminos fueron reticulados con las moléculas de TPP.



**FIGURA 2.** Espectros FTIR de: a- quitosano obtenido de langostinos (QS) y b- micropartículas reticuladas con TPP (MQS).

### 3.3 Resultados de la remoción de Cr(VI) sobre QS y MQS

La Figura 3 muestra el efecto simultáneo de la concentración de Cr(VI) inicial y el pH sobre el porcentaje de remoción de Cr(VI) para QS y MQS. El pH del medio posee un efecto considerable en la remoción de Cr(VI); cuando el pH disminuyó de 4 a 2 la remoción se redujo en un 29% para QS (Fig 3a) y aumentó en un 80% para MQS (Fig. 3b).



**FIGURA 3.** Porcentaje de Cr(VI) removido en función del pH y de la concentración inicial de cromo hexavalente: a)QS; b) MQS.

### 3.5. Relaciones de equilibrio y estudios cinéticos

Los datos de equilibrio se analizaron utilizando las expresiones de las isothermas de Langmuir, Freundlich, y Temkin (Sag y Aktay, 2002).

La isoterma de Langmuir está dada por la ecuación:

$$\frac{C_{eq}}{Q_e} = \frac{C_{eq}}{Q_m} + \frac{1}{K_L Q_m} \quad (4)$$

donde  $Q_e$  es la cantidad adsorbida por unidad de adsorbente en el equilibrio (mg/g);  $C_{eq}$  la concentración de equilibrio del adsorbato después de la adsorción (mg/L),  $K_L$  es la cte de Langmuir (g/L) y  $Q_m$  la máxima capacidad de adsorción en la monocapa (mg/g).

La isoterma de Freundlich es una ecuación empírica que supone que el proceso de adsorción tiene lugar en superficies heterogéneas. Se puede definir como:

$$\ln Q_e = \ln K_f + (1/n) \ln C_{eq} \quad (5)$$

donde  $K_f$  es la cte de Freundlich (mg/g) y  $n$  el factor de heterogeneidad relacionado a la intensidad de adsorción.

La isoterma de Temkin en su forma lineal está dada por la ecuación:

$$Q_e = B_t \ln(K_t) + B_t \ln(C_{eq}) \quad (6)$$

La isoterma de Temkin asume que el calor de adsorción de las moléculas en la capa disminuye linealmente con la cobertura dada por las interacciones adsorbente-adsorbato.  $B_t$ , se relaciona con el calor de adsorción y  $K_T$  es la constante de unión de equilibrio. Los parámetros obtenidos de las ecuaciones de adsorción se muestran en la Tabla 1. El modelo de Langmuir fue el que mejor ajustó los datos experimentales, lo que indica la naturaleza homogénea del adsorbente.

**TABLA 1.** Parámetros de las isotermas de equilibrio para Cr (VI) adsorbido en quitosano (QS) y micropartículas de quitosano (MQS).

	Langmuir			Freundlich			Temkin		
	Qm (mg/g)	K <sub>L</sub> (l/mg)	R <sup>2</sup>	1/n	K <sub>f</sub> (mg/g)	R <sup>2</sup>	B <sub>t</sub>	K <sub>t</sub> (l/mg)	R <sup>2</sup>
QS	250	0.018	0.999	0.43	199.52	0.941	45.01	2.76	0.997
MQS	68.9	0.014	0.990	0.36	86.12	0.983	13.95	1.76	0.989

Por otro lado, se requiere de un análisis cinético para obtener la velocidad de adsorción y la etapa limitante del mecanismo de transporte, que se utiliza en el diseño del proceso. Se testearon las ecuaciones cinéticas de pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden y la ecuación Elovich (Sag y Aktay, 2002).

El modelo cinético de pseudo primer orden, integrado, está dado por:

$$\ln\left(\frac{Q_e}{Q_e - Q}\right) = k_1 t \quad (7)$$

donde Q es la cantidad de metal adsorbido en el momento t (mg/g), Q<sub>e</sub> es la cantidad de metal adsorbido en el t de equilibrio (mg/g) y K<sub>1</sub> es la constante de velocidad (min<sup>-1</sup>):

La cinética de pseudo-segundo orden, se representa en forma integrada por:

$$\frac{t}{Q} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t \quad (8)$$

donde k<sub>2</sub> es la constante de velocidad de pseudo segundo orden.

La ecuación de Elovich, se expresa como:

$$Q = \beta \ln(\alpha\beta) + \beta \ln t \quad (9)$$

donde Q es la cantidad de metal adsorbido en un tiempo t, α es la velocidad de adsorción inicial (mg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), y β es la constante de Elovich.

Los parámetros cinéticos obtenidos se muestran en la Tabla 2. El modelo cinético de pseudo segundo orden fue el que mejor ajustó a los datos experimentales.

**TABLA 2.** Parámetros cinéticos para Cr(VI) adsorbido en quitosano y micropartículas de quitosano

	Pseudo-First order		Pseudo-second order		Elovich		
	k <sub>1</sub> (h <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	k <sub>2</sub> (g/mgh)	R <sup>2</sup>	β□(g/mg)	α□(mg/gh)	R <sup>2</sup>
QS	2.71	0.871	0.76	0.999	0.37	6.0x10 <sup>10</sup>	0.750
MQS	1.94	0.932	0.078	0.946	0.10	116.8	0.877

#### 4. CONCLUSIONES

Se obtuvieron micropartículas de quitosano utilizando tripolifosfato de sodio como agente reticulante. El tamaño medio de partícula fue 101nm para una relación de QS y TPP de 1,25g/L:1,5g/L. Dada la inestabilidad del QS en soluciones muy Ácidas se realizaron estudios de adsorción para investigar la capacidad de las MQS para remover Cr(VI); las mismas se realizaron bajo diferentes condiciones de pH, tiempo de contacto, y concentración Cr(VI) inicial. La cantidad de cromo adsorbida varió notablemente con el pH de la solución inicial, aumentando la adsorción en un 80% con las MQS, cuando el pH disminuyó de 4 a 2. La isoterma de equilibrio de Langmuir y el modelo cinético de pseudo-segundo orden proporcionó la mejor correlación de los datos experimentales. El quitosano obtenido de desechos de crustáceos patagónicos, puede aplicarse para la eliminación de Cr (VI) a partir de aguas residuales siendo las MQ mas efectivas a pH bajos.

#### BIBLIOGRFIA

- Autoridad del Agua. 2003. Resolución de la Autoridad del Agua 336/2003, Provincia de Buenos Aires. Argentina
- Calvo, P., Remuñán-López, C., Vila-Jato, J.L. & Alonso, M.J., (1997). Chitosan and chitosan/ethylene oxide-propylene oxide block copolymer microparticles as novel carriers for proteins and vaccines. *Pharm. Res.*, 14(10), 1431-1436.
- Grenha, A., Seijo, B., & Remuñán-López, C., (2005). Microencapsulated chitosan nanoparticles for lung protein delivery. *Eur. J. Pharma. Sci.*, 25(4), 427-437.
- Laus, R., Costa, TG., Szpoganicz, B., Fávere, VT., (2010). Adsorption and desorption of Cu (II), Cd (II) and Pb (II) ions using chitosan crosslinked with epichlorohydrin-triphosphate as the adsorbent, *J. Hazard. Mater.* 183(1), 233-241.
- Liu, X., Hu, Q., Fang, Z., Zhang, X., & Zhang, B., (2009). Magnetic chitosan nanocomposites: a useful recyclable tool for heavy metal ion removal. *Langmuir*, 25(1), 3-8.
- Qu, X., Alvarez, P.J. & Li, Q., 2013. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Res.*, 47(12), 3931-3946.
- Rodriguez Hamamura, N., Valderrama Negron, A., & Alarcon Cavero, H., (2010). Preparación de partículas de quitosano reticuladas con tripolifosfato y modificadas con polietilenglicol. *Rev. Soc. Quím. Perú*, 76(4), 336-354.
- Secretaria Nacional de Agricultura Ganadería y Pesca. Informes de desembarques de crustáceos 2005-2011. [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar)
- Wei, D., Sun, W., Qian, W., Ye, Y., & Ma, X, (2009). The synthesis of chitosan-based silver nanoparticles and their antibacterial activity. *Carbohydrate Res.* 344(17), 2375-2382.
- Bhatnagar, A. & Sillanpää, M., (2009). Applications of chitin-and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater-a short review. *Adv. Colloid. Interfac.* 152(1), 26-38.
- Broussignac, P., 1968. Chitosan: a natural polymer not well known by the industry. *Chem. Ind. Genie. Chem.* 99, 1241-1247.
- Brugnerotto, J., Lizardi, J., Goycoolea, F.M., Argüelles-Monal, W., Desbrieres, J. & Rinaudo, M., (2001). An infrared investigation in relation with chitin and chitosan characterization. *Polymer.* 42(8), 3569-3580.
- Rinaudo, M., Milas, M. & Dung, P.L., (1993). Characterization of chitosan. Influence of ionic strength and degree of acetylation on chain expansion. *Int. J. Biol. Macromol.* 15(5), 281-285.
- Sağ, Y. & Aktay, Y., 2002. Kinetic studies on sorption of Cr (VI) and Cu (II) ions by chitin, chitosan and *Rhizopus arrhizus*. *Biochem. Eng. J.* 12(2), 143-153
- Schmuhl, R., Krieg, H.M. & Keizer, K., (2001). Adsorption of Cu (II) and Cr (VI) ions by chitosan: Kinetics and equilibrium studies. *Water Sa.* 27(1), 1-8.

# **10TCam - ESTUDIOS DE ADSORCION DE NONILFENOL POLIETOXILADO EN CARBÓN ACTIVO Y LIGNITO EN AGUAS PREVIAMENTE TRATADAS CON TRATAMIENTO BIOLOGICO**

**ARTURI T. S.<sup>1</sup>, ZARITZKY, N. E.<sup>1,2</sup>, CONTRERAS E. M.<sup>3</sup>**

**1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata, Argentina.**

**E-mail: arturitiana@gmail.com**

**2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. 1 y 47 - (1900) La Plata, Argentina**

**3. INTEMA (CONICET-Universidad Nacional de Mar del Plata). Av. Juan B. Justo 4302 - (B7608FDQ) Mar del Plata, Argentina**

## **Resumen**

La degradación del nonilfenol polietoxilado ( NPEOx ) en las plantas de tratamiento de aguas convencionales y en el medio ambiente comienza con el acortamiento de la cadena etoxilada, generando compuestos NPEOx de cadena corta más persistentes y tóxicos. Por lo tanto, es necesario un tratamiento eficaz para eliminar los NPEOx. Hoy en día existe una preocupación en todo el mundo para el desarrollo de tecnologías alternativas de reutilización del agua. En este contexto, los tratamientos combinados biológicos y físicos se consideran una tecnología de tratamiento de agua altamente competitiva para la eliminación de estos contaminantes orgánicos no tratables mediante técnicas convencionales debido a su alta estabilidad química y/o baja biodegradabilidad. La eliminación de estos contaminantes exclusivamente por tratamientos por adsorción resultan costosos, pero su combinación con un tratamiento biológico podría reducir los costos operativos del proceso. Este estudio es el primer informe sobre la eliminación de adsorción de NPEOx de agua previamente sometida a tratamiento biológico. La cantidad de material adsorbente se reduce más de 3 veces, si el tratamiento biológico de aguas residuales que contienen NPEOx se realiza en la etapa previa a la adsorción química. Los procesos tradicionales de remoción de contaminantes de agua residuales presentan dificultades en la remoción de los NPEOx de las aguas, debido a sus características hidrofóbicas e hidrofílicas. Esta doble afinidad disminuye sustancialmente la efectividad de los tratamientos de aguas residuales tradicionales, es por ello que la combinación de los procesos de oxidación biológica en reactores de barros activados y procesos fisicoquímicos de adsorción lograron remover estos compuestos.

## **1. Introducción**

Varios compuestos orgánicos sintéticos, los cuales han sido clasificados como disruptores endócrinos (EDC), se detectan comúnmente en las aguas residuales municipales y en ecosistemas acuáticos (Birkett and Lester 2003, Lee et al. 2013, Gatidou et al. 2007). Entre estos, nonilfenol polietoxilado (NPEOx, donde x indica el número de unidades etoxi) presente un significativo interés debido a su uso extensivo y a sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas. NPEOx, en especial NPEO9, son un grupo importante de agentes tensioactivos no iónicos ampliamente utilizados en numerosos productos comerciales y domésticos, incluyendo detergentes, productos

cosméticos, pinturas a base de agua, tintas y textiles (Birkett and Lester 2003). Varios estudios han demostrado que las transformaciones de NPEOx de cadena larga que ocurren en el sistema de alcantarillado y en el medio ambiente resultan en la acumulación de intermediarios metabólicos de cadena corta incluyendo nonilfenol monoetoxilado (NPEO1) y nonilfenol dietoxilado (NPEO2) o carboxilados NPECx (Ahel et al. 1994). Debido al hecho que estos compuestos han sido descritos como causantes de una serie de respuestas estrogénicas en los organismos acuáticos, han sido clasificados como disruptores endocrinos (EDC) por varias organizaciones. Los métodos actuales de tratamiento por sí solos no son suficientes para eliminar estos compuestos de las aguas residuales. Por lo tanto una combinación de métodos de tratamiento físico-químicos y biológicos podrían ser prometedores para eliminar estos contaminantes con alta eficiencia (Liu et al. 2009). Para este propósito, la adsorción con carbón activado es el método físico-químico más comúnmente utilizado para eliminar estos compuestos. Sin embargo, el carbón activado es un producto costoso. Los científicos e ingenieros medioambientales han considerado algunos biosorbentes naturales como adsorbentes alternativos de bajo costo. Diversos biosorbentes naturales se han propuesto para la eliminación de contaminantes a partir de soluciones acuosas, incluyendo corteza y virutas de madera, el quitosano, la turba, el bagazo de la caña de azúcar, paja, las cáscaras de arroz, bambú activado, y otros (Sineva 2014). Sin embargo, las capacidades de adsorción obtenidos con estos adsorbentes plantean cuestiones con respecto a su eficiencia y regeneración. El carbón es una roca sedimentaria organógena, ligera, muy rica en carbono que procede de la fosilización de restos orgánicos vegetales y que se utiliza como combustible fósil. La forma de clasificación de los carbones más empleada es en función de su contenido en carbono o grado de carbonificación. De menor a mayor contenido en carbono se distinguen: Turba (45-60% C), Lignito (60-75% C), Hulla (80-90% C) y Antracita (95% C), Aunque el lignito se ha utilizado para preparar carbones activados (Finqueneisel et al. 1999), la literatura es escasa con referencia a su aplicación directa para ser utilizadas en procesos de adsorción, ofreciendo una buena alternativa en relación a su eficiencia y costo. El objetivo de este trabajo fue analizar y comparar la eficiencia de remoción de NPEOx de aguas residuales, utilizando el proceso de adsorción sobre carbón activo o sobre lignito y considerando dos situaciones: a) en aguas que no han sido sometidas previamente a tratamiento biológico; b) en con tratamiento biológico previo en reactores de barros activados

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Reactivos**

Se utilizaron los tensioactivos no iónicos Igepal CO-520, Igepal CO-630 y Igepal CO-720 que tienen un promedio de cinco, nueve y doce unidades etoxi (Sigma-Aldrich, Milán, Italia) respectivamente. Como adsorbentes se utilizaron lignito y carbón activado. Las muestras ligníticas utilizadas en este estudio se obtuvieron de plantas de energía Soma en Turquía. El lignito es carbón que se formó por compresión a partir de la turba a poca profundidad y temperaturas inferiores a 100°C. El carbón activado fue suministrado por Brascarbo Agroindustrial Ltda. (Paraná Brasil) y se identificó como 061 CLARIMEX CAE (carbón activado con ácido fosfórico a 400 °C)

### 2.3. Determinaciones analíticas

La concentración de la NPEOx se determinó por el método de yodo- yoduro, que implica la formación de un complejo coloreado entre el tensioactivo no iónico y el reactivo de yodo - yoduro de (Baleux 1972). La formación de color se produce por reacción de yodo con la cadena etoxilada. El análisis de los NPEOx se realizó mediante la adición de 0,25 ml de la solución de KI3 ( 2 % de yoduro de potasio y 1 % de yodo ) a 10 ml de las muestras acuosas (1-20 ppm no iónico ) y la absorbancia se midió a 505 nm. Para este propósito se obtuvo una curva de calibración que se utilizó para determinar las concentraciones NPEOx . La identificación y cuantificación de los oligómeros fue realizada por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Las muestras se centrifugaron previamente durante 5 min a 13000 rpm (Eppendorf 5415C); se realizó una dilución 50:50 acetonitrilo / agua (AcN/H<sub>2</sub>O v / v) de la fase soluble para mantener en solución todos los oligómeros, luego se filtró (Milipore, 0,45 µm). Además, se realizaron 2 extracciones con dicho solvente para examinar la adhesión de oligómeros a la biomasa. El sistema de HPLC utilizado en el presente trabajo consistió en dos bombas y un inyector (Waters, modelo 1525) acoplado con un detector de arreglo de diodos UV-visible (Waters, modelo 2998) que funciona a 225 nm. Los oligómeros presentes en las soluciones estándar NPEOx se separaron usando una columna de 5m Symmetry C8 (4,6 mm × 150 mm), el volumen de inyección fue de 50 µl y el caudal fue de 0,5 ml / min. Se utilizó una fase móvil de AcN/H<sub>2</sub>O 70:30 v / v en modo isocrático. La temperatura de la columna fue controlada a 30°C (Arturi et al. 2013)

### 2.2. Experimento de biodegradación en reactor de lodos activados

El bio-reactor de barros activados discontinuo utilizado durante el cultivo de microorganismos estaba constituido por un vaso cilíndrico de vidrio borosilicato de 1.5 L con 1.0 L de volumen de trabajo. La aireación se proporcionó en la parte inferior del reactor a través de un difusor de aire a 2 l min<sup>-1</sup>; el oxígeno disuelto (DO) se mantuvo por encima de la concentración de 4 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Se agitó en forma continua a 300 rpm. Lodos activados aclimatadas a fenol fueron el inóculo del experimento de biodegradación que contenía un medio de cultivo con 500 mg/L de Igepal 630 como la única fuente de carbono, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 250 mg L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 25,2 mg L<sup>-1</sup>, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 2,52 mg L<sup>-1</sup>, CaCl<sub>2</sub> 2 mg L<sup>-1</sup>, FeCl<sub>3</sub> 1,2 mg L<sup>-1</sup>, el pH se ajustó a 7,0 ± 0,05. Se cuantificó la biooxidación de los oligómeros individuales durante 55 hs en los mismos reactores. El sobrenadante obtenido luego del tratamiento biológico fue almacenado.

### 2.3. Experimentos de adsorción

Se realizaron estudios de la cinéticas de adsorción en batch a temperatura ambiente ( 25 ± 1 ° C ) y al pH natural de 8,0. Una cantidad definida de muestra de carbón y 100 ml de solución NPEOx de concentración inicial conocida se colocaban en un Erlenmeyer de 250 ml que se colocaba en un agitador IKA de Labortechnik - KS125 a 600 rpm. La temperatura se ajustó cuando fue necesario. Alícuotas de las muestras fueron tomadas a intervalos de tiempo preestablecidos de 10, 30 minutos, 1, 3, 6, 24 , 30 y 48 horas. Estas suspensiones se filtraron usando filtros de jeringa de Sartorius Minisart RC 25 , 0,45 m y se analizaron las soluciones de sobrenadante.

Además se analizó la adsorción de soluciones de 300 mgNPEOx / L con diferentes concentraciones de adsorbentes. Luego de 50 horas, se tomaron muestras de estas



suspensiones utilizando filtros de jeringa de Sartorius Minisart RC 25 , 0,45  $\mu\text{m}$  y se analizaron las soluciones de sobrenadante.

### 3. Resultados

#### 3.1. Adsorción de NPEOx de las soluciones

##### 3.1.1. Efecto de tipo de adsorbato

Los ensayos de adsorción se realizaron con 3 g de carbón activo o 150 g de lignito utilizando soluciones de 300 mg / L de NPEO12, NPEO9 y NPEO5. Estos experimentos se llevaron a cabo en función del tiempo y se presentan en la Figura 1a-b.

Como se ve en la Figura 1-a la adsorción de NPEO5 sobre carbón activado es cerca de 98% en aproximadamente 50 horas. La adsorción de NPEO9 y NPEO12 con mayores proporciones de grupos etoxilados, es de alrededor del 90%. En el caso de lignito (Figura 1-b), los porcentajes de adsorción fueron de alrededor de 99% para NPEO5 y el 84% para NPEO12.

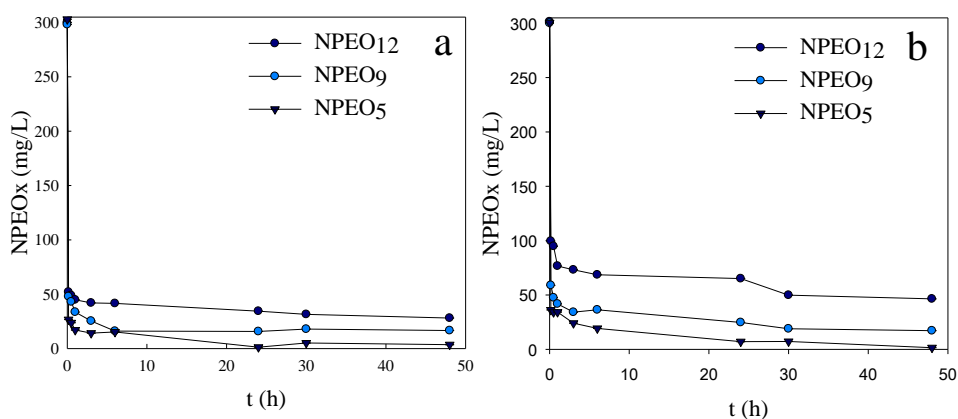


FIGURA 1. Adsorción NPEO<sub>12</sub> , NPEO<sub>9</sub> y NPEO<sub>5</sub> en: a) Carbón activo b ) Lignito

##### 3.1.2. Efecto de la concentración de adsorbente

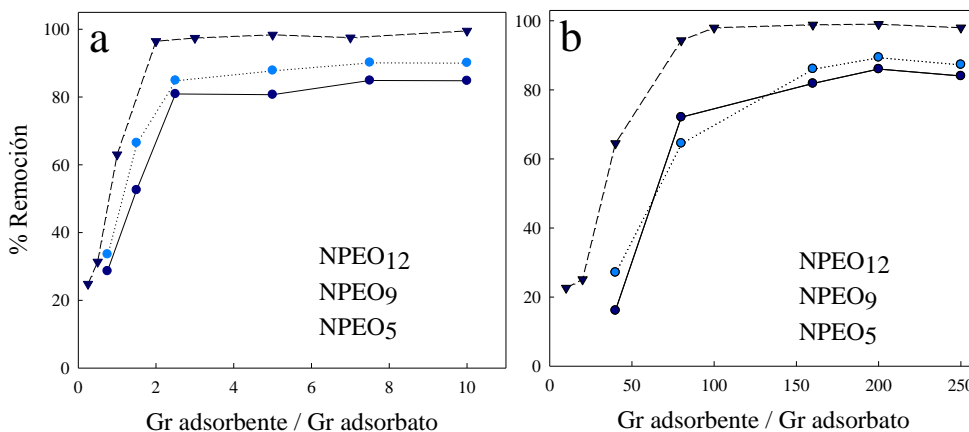
Hay que explicar qué tamaños tenían las partículas de lignito y de carbon activado. Hay que caracterizarlos fisicoquimicamente es muy importante

Pruebas similares se realizaron también con diferentes concentraciones de materiales adsorbentes ( carbón activado y lignito) y los resultados se presentan en la Figura 2. La adsorción máxima de NPEO5 se obtuvo con 2 g de carbón activo por gramo de adsorbente. Sin embargo, la adsorción máxima de NPEO12 y NPEO9 se logró por 7,5 g de carbón activo por gramo de adsorbato. Este valor es 3,75 veces más que la que se necesita para la adsorción de NPEO5. Para obtener un 99% de adsorción de NPEO5 se requirió 100 g de lignito por gramo de adsorbato, para un 85% de adsorción de NPEO12 y NPEO9 fueron necesario 160 a 200 gramos de lignito por gramo de adsorbato.

### 3.2. Biodegradación de NPEOx en reactores de barro activados

El consorcio microbiano fue capaz de utilizar la mezcla NPEO9 como única fuente de carbono y energía. El consumo comenzó casi de inmediato, sin una fase de latencia significativa. Las Figuras 3 a y b ilustran la variación de cada oligómero durante la prueba, en la fase soluble y la fase insoluble. La degradación NPEOx comienza con la

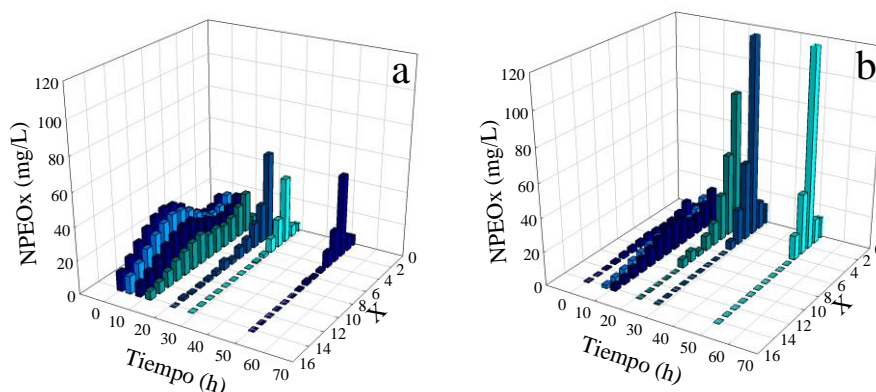
eliminación gradual de los compuestos de mayor número de grupos etoxilo (EO) . Las primeras reacciones de degradación son rápidos; NPEOx con más de ocho unidades de EO se degradan con una eficiencia de más del 90%. Sin embargo, se detectó un incremento de los productos de degradación como NPEO2, NPEO1 que son conocidos disruptores endocrinos.



**FIGURA 2:** Porcentaje de eliminación de NPEOx con diferente concentraciones de a) Carbón activo b) Lignito

El mecanismo dominante es el acortamiento de la cadena etoxilada, hasta que sustancialmente todo el NPEOx de partida se ha convertido en NPEO2 (Nonil fenol dietoxilado)

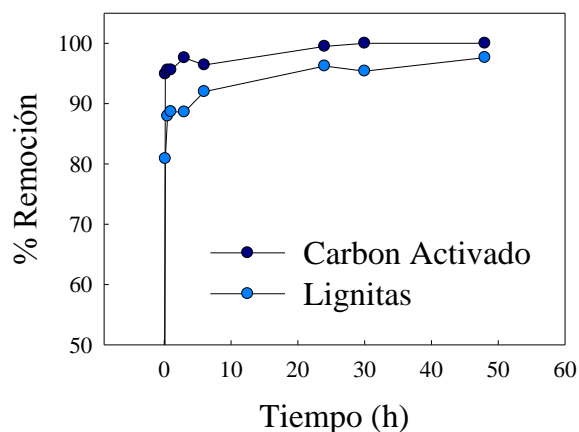
Los resultados demuestran que para cada mmol de NPEOx produjo 0,47 mmol de NPEO2; Además, el 77% de ella se acumula en la fase insoluble, posiblemente adsorbido en la biomasa. Esto muestra que se requieren otros métodos complementarios para la eliminación de los metabolitos generados durante la biodegradación.



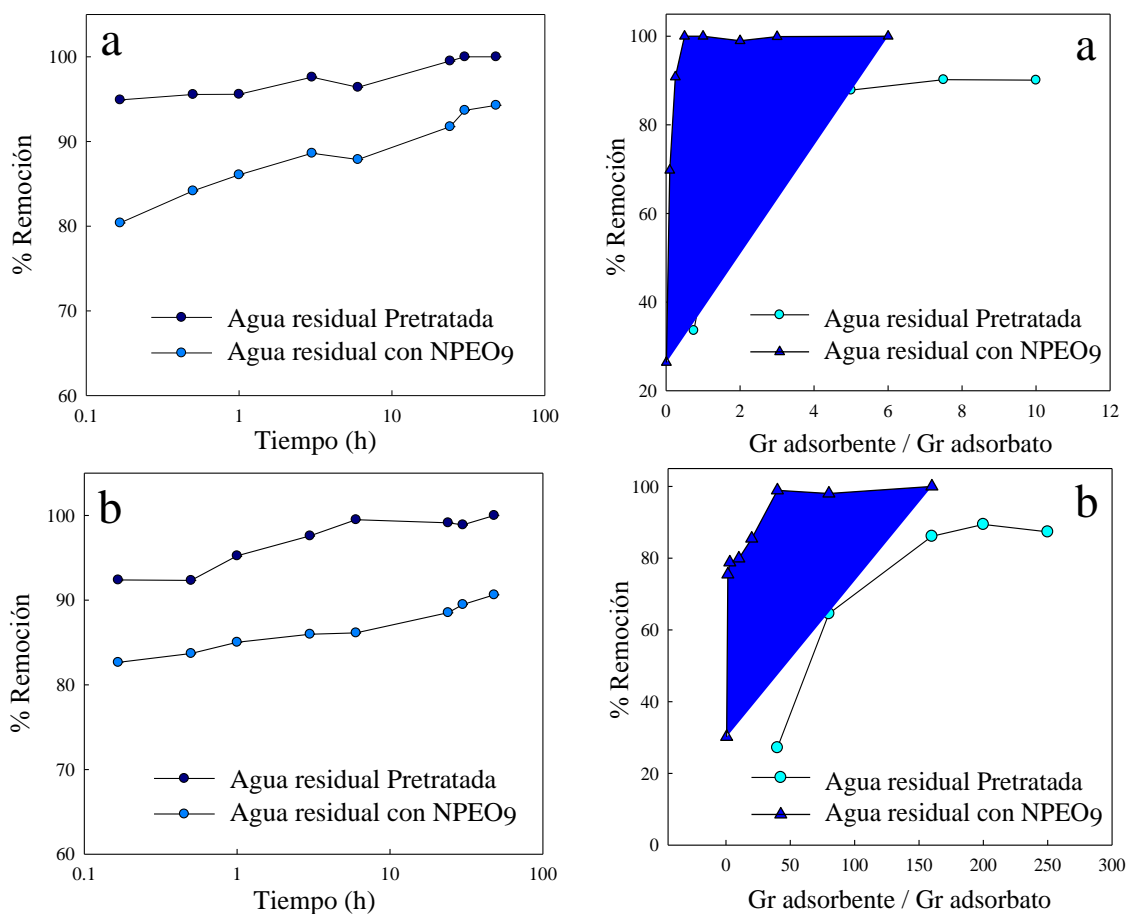
**FIGURA 3:** Evolución en la distribución de homólogos durante el tratamiento biológico de NPEOx en a) fase soluble y b) fase insoluble

### 3.3. Remoción de NPEOx por adsorción en aguas no tratadas y aguas tratadas biológicamente

Se realizaron estudios de adsorción, utilizando las aguas sometidas a tratamiento biológico y los resultados se compararon con los obtenidos en aguas no tratadas previamente en reactores de barros activados. Los porcentajes de remoción obtenidos se presentan en las Figuras 4, 5 y 6 en función del tiempo y en función de la relación gr de adsorbente/gr de adsorbato respectivamente.



**FIGURA 4:** Porcentaje de remoción de NPEOx a partir de aguas sometidas previamente a tratamiento biológica y luego a la adsorción en carbón activado y lignito



**FIGURA 5:** Porcentaje de remoción de NPEO9 por adsorción en función del tiempo a partir de agua previamente sometida a tratamiento biológico (agua residual preratada) y no tratada en :a) Carbón Activado b ) Lignito

**FIGURA 6:** Porcentaje de remoción de NPEO9 por adsorción a partir de agua previamente sometida a tratamiento biológico (agua residual preratada) y no tratada utilizando distintas concentraciones de :a) Carbón Activado b) Lignito

La Fig. 5 muestra que la cinética de remoción por adsorción prácticamente no se modifica. A partir de la Fig. 6 se puede observar que la cantidad de material adsorbente necesario es mayor en el caso de agua no tratada previamente por métodos biológicos para obtener una remoción equivalente. Usando aguas no tratadas el porcentaje máximo de remoción por adsorción utilizando lignito fue de 90% mientras que en el caso de aguas que fueron previamente tratadas con métodos biológicos se pudo llegar a una remoción del 100% con una reducción de la cantidad de adsorbente entre de 3 a 16 veces.

#### 4. Conclusiones

- La adsorción de NPEO9 en batch tuvo una eficacia del 90% utilizando carbón activo y 85% con lignito
- NPEO9 se biodegrada con una eficiencia del 90%. Sin embargo, se detectó un aumento de los productos de degradación tóxicos como NPEO2, NPEO1.
- La adsorción de NPEO9 de aguas previamente sometidas a tratamiento biológico tiene una eficiencia del 99%, incluso con adsorbentes más económicos como el lignito
- La cantidad de material utilizado como adsorbente se reduce de 3 a 16 veces, si el tratamiento biológico de aguas residuales que contienen NPEO9 se realiza como etapa previa a la adsorción química.

La combinación de métodos de tratamiento ofrece una alternativa para la eliminación eficiente de NPEOx y podría ser considerado como una tecnología de tratamiento de agua altamente competitiva para la eliminación de estos contaminantes orgánicos que no son tratables mediante técnicas convencionales.

#### Referencias

- Ahel, M., Giger, W. and Koch, M. (1994) Behaviour of alkylphenol polyethoxylate surfactants in the aquatic environment—I. Occurrence and transformation in sewage treatment. *Water Research* 28(5), 1131-1142.
- Arturi, T.S., Zaritzky, N.E. and Contreras, E.M. (2013) Simple High-Performance Liquid Chromatography–Ultraviolet Method To Quantify the Molecular Size Distribution of Nonylphenol Ethoxylates. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 53(4), 1327-1333.
- Birkett, J.W. and Lester, J.N. (2003) Endocrine disrupters in wastewater and sludge treatment processes, CRC Press.
- Baleux, B. (1972) Surfactant Biodegradation
- Finqueneisel, G., Zimny, T., Albinia, A., Siemieniowska, T., Vogt, D. and Weber, J.V. (1999) 99/00114 Cheap adsorbent. Part 1: active cokes from lignites and improvement of their adsorptive properties by mild oxidation. *Fuel and Energy Abstracts* 40(1), 12.
- Gatidou, G., Thomaidis, N.S., Stasinakis, A.S. and Lekkas, T.D. (2007) Simultaneous determination of the endocrine disrupting compounds nonylphenol, nonylphenol

ethoxylates, triclosan and bisphenol A in wastewater and sewage sludge by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1138(1–2), 32-41.

Lee, C.-C., Jiang, L.-Y., Kuo, Y.-L., Hsieh, C.-Y., Chen, C.S. and Tien, C.-J. (2013) The potential role of water quality parameters on occurrence of nonylphenol and bisphenol A and identification of their discharge sources in the river ecosystems. *Chemosphere* 91(7), 904-911.

Liu, Z.-h., Kanjo, Y. and Mizutani, S. (2009) Removal mechanisms for endocrine disrupting compounds (EDCs) in wastewater treatment — physical means, biodegradation, and chemical advanced oxidation: A review. *Science of The Total Environment* 407(2), 731-748.

Sineva, A. (2014) *The Role of Colloidal Systems in Environmental Protection*. Fanun, M. (ed), pp. 143-171, Elsevier, Amsterdam.

# **11TCAm - CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE NONILFENOL ETOXILADO EN CARBÓN ACTIVO Y LIGNITO EN AGUAS RESIDUALES**

**ARTURI T. S.<sup>1</sup>, ZARITZKY, N. E.<sup>1,2</sup>, CONTRERAS E. M.<sup>3</sup>**

**1. CIDCA (CONICET-Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata, Argentina.**

**E-mail: arturitiana@gmail.com**

**2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. 1 y 47 - (1900) La Plata, Argentina**

**3. INTEMA (CONICET-Universidad Nacional de Mar del Plata). Av. Juan B. Justo 4302 - (B7608FDQ) Mar del Plata, Argentina**

## **Resumen**

La contaminación del agua se ha convertido en una de las principales preocupaciones en el país y en el mundo. Productos como los suavizantes, lociones limpiadoras y agentes de limpieza de aplicación doméstica e industrial contienen surfactantes. Los nonilfenol etoxilados (NPEOx, donde x indica el número de unidades etoxi) presentan un significativo interés en la investigación debido a su uso extensivo y a sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas. NPEOx son un importante grupo de tensioactivos no iónicos ampliamente utilizados en muchas aplicaciones. Varios estudios han demostrado que la biotransformación de las cadenas largas de NPEOx que ocurren en el sistema de alcantarillado y en el medio ambiente dan como resultado la acumulación de intermedios metabólicos de cadena más corta, hidrofóbicos y tóxicos. El objetivo de este trabajo es estudiar la capacidad de remover nonilfenol etoxilados de las aguas residuales industriales mediante adsorción con carbón activado y lignito. Se estudiaron mezclas comerciales de NPEOx que tienen un promedio de x de 5, 9, 12 unidades etoxiladas. Se caracterizaron las propiedades adsorbentes de ambos materiales. Para encontrar el modelo de adsorción más adecuado las isothermas de Langmuir y Freundlich se ajustaron a los datos experimentales. Los resultados revelaron la adsorción de NPEOx sobre carbón activado y lignito es favorable, y depende de la longitud de la cadena etoxilada, siendo más favorable cuando la cadena es más corta. La isoterma de Langmuir fue el mejor modelo para la adsorción ( $r^2=0.998$ ).

## **1. Introducción**

Los alquilfenoletoxilatos (APE), tales como los nonilfenol etoxilados (NPEOx, donde x indica el número de unidades etoxiladas de la molécula), se han convertido en contaminantes importantes en el medio ambiente debido a su aplicación en todo el mundo en los detergentes domésticos, formulaciones de plaguicidas y productos industriales (Nagarnaik and Boulanger 2011). APE pueden ser metabolizados en el medio ambiente a través de un mecanismo de pérdida gradual de unidades etoxi (EO) y se acumula en diferentes homólogos APE de cadena más corta, los cuales han sido identificados ampliamente en el aire, el suelo, el agua, y los sedimentos (Ying, Williams et al. 2002)

Hoy en día, el uso continuo de APE y la creciente incidencia de la contaminación relacionada con estos compuestos en los ambientes acuáticos son de particular preocupación porque estos productos intermedios de degradación han demostrado tener

efectos que imitan al estrógeno natural y son más persistentes y tóxicos que los compuestos originales (White, Jobling et al. 1994; Routledge and Sumpter 1996). Los tratamientos de adsorción proporcionan un enfoque sencillo y universal para eliminar eficazmente los contaminantes orgánicos del medio ambiente acuático. Para este propósito, la adsorción por carbón activado es el método físico-químico más comúnmente utilizado para eliminar estos compuestos a pesar de su alto costo. Una alternativa es la utilización de un bioabsorbente natural de menor costo como el lignito. El objetivo del trabajo fue el estudio de la adsorción de NPEOx en carbon activado y en lignito a fin de analizar los mecanismos de adsorción.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Reactivos**

Se utilizaron los tensioactivos no iónicos Igepal CO-520, Igepal CO-630 y Igepal CO-720 que tienen un promedio de cinco, nueve y doce unidades etoxi (Sigma-Aldrich, Milán, Italia). Las muestras ligníticas utilizados en este estudio se obtuvieron de plantas de energía Soma en Turquía. El carbón activado fue suministrado por Brascarbo Agroindustrial Ltda (Paraná, Brasil) y se identificó como 061 CLARIMEX CAE.

### **2.2. Determinaciones analíticas**

La concentración de la NPEOx se determinó por el método de yodo- yoduro, que implica la formación de un complejo coloreado entre el tensioactivo no iónico y el reactivo de yodo - yoduro de (Baleux 1972). La formación de color de yodo se produce por reacción con la cadena etoxilada. El análisis para los etoxilatos no iónicos se realizó mediante la adición de 0,25 ml de la solución de KI3 ( 2 % de yoduro de potasio y 1 % de yodo ) a 10 ml de las muestras acuosas (1-20 ppm no iónico ) y la absorción se midió espectrofotométricamente a 505 nm. Para este propósito se obtuvo una curva de calibración y se utilizó para determinar las concentraciones NPEOx.

### **2.3. Estudios de caracterización**

*Tensión superficial:* se realizaron mediciones de la tensión superficial para determinar la concentración de exceso de superficie - área / molécula de tensioactivos. Para este propósito se utilizó un tensiómetro Krüss Modelo (K10ST) con un anillo de platino - iridio a temperatura constante ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) . *Superficie BET:* Los materiales adsorbentes se analizaron utilizando el método BET con un dispositivo de adsorción volumétrica 2380 Micromeritics Gemini modelo para investigar propiedades de adsorción, superficie de las propiedades de sólidos y poros. *Distribución de Tamaño de Partícula:* Se utilizó la técnica DLS con un equipo Malvern Mastersizer 2000 que funciona con el principio de dispersión de luz dinámica. También se tomaron las imágenes SEM de estos materiales para apoyar los datos de distribución de tamaño (SEM , Philips XL30 S FEG) .

### **2.4. Determinación de las isotermas de adsorción**

Las datos de adsorción se obtuvieron a partir de experimentos en sistemas batch a temperatura ambiente (  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ) y al pH natural de 8,0 correspondiente a la solución acuosa del adsorbente. Un recipiente de vidrio de 250 ml con una cantidad conocida de muestra de carbón y 100 ml de solución NPEOx de la concentración inicial conocida se colocó en un agitador IKA digital de Labortech - KS125 funcionando a 600 rpm de velocidad de mezcla. Se estableció contacto con diferentes concentraciones de

adsorbatos con soluciones con una concentración constante de adsorbente durante 50 hs. Se tomaron muestras de estas suspensiones utilizando filtros de jeringa de Sartorius Minisart RC 25, 0,45 m. Se analizaron las soluciones de sobrenadante.

### 3. Resultados

#### 3.1. Caracterización de los materiales adsorbentes y NPEOx en soluciones acuosas

La forma y arreglos que adoptan las moléculas de tensioactivo en soluciones acuosas varían con su concentración, por lo tanto las mediciones de tensión superficial se realizaron en función de la concentración de tensioactivo y se presentan la Figura 1. Como puede observarse el aumento de la concentración de surfactante reduce la tensión superficial hasta una cierta concentración. Es decir, la tensión superficial alcanza un valor constante, CMC (concentración micelar crítica), que no varía con un incremento adicional en la concentración de tensioactivo. Los valores obtenidos a partir de estas medidas son aproximadamente  $10^{-4}$  M. La tensión superficial disminuyó desde un valor inicial de 72 mN / m en el caso en que no se adicionaba tensioactivo a un valor de aproximadamente 30 mN/m a una concentración de tensioactivo de  $10^{-4}$  M. El comportamiento de la tensión superficial de los tensioactivos en función de la concentración se puede dividir en tres regiones denominadas I, II y III. En la región I se supone que las moléculas consisten principalmente de monómeros mientras que la región III consiste en micelas completamente desarrolladas. La región II es una región donde las moléculas de surfactante están aún en su forma de monómero, y donde la disminución de la tensión superficial es lineal. La densidad de adsorción puede calcularse a partir de los datos de tensión superficial mediante el uso de la ecuación de Gibbs.

$$\Gamma = -\frac{1}{RT} \left( \frac{d\gamma}{d \ln C} \right) \quad (1)$$

donde  $\Gamma$  y  $C$  son respectivamente el exceso de superficie y la concentración del tensioactivo. El área por molécula en la interfase, ( $A$ ), puede calcularse como:

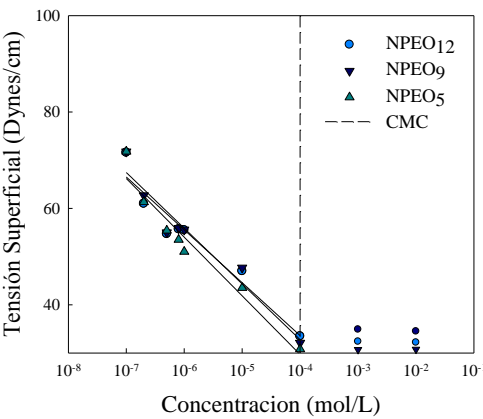
$$A = -\frac{1}{\Gamma_m N_{av}} \quad (2)$$

donde  $\Gamma_m$  es la concentración de exceso de superficie en la cobertura monocapa y  $N_{av}$  es el número de Avogadro. El área calculada proporciona información sobre el grado de cubierta y la orientación de la molécula adsorbida. Puesto que el peso molecular creciente del tensioactivo no afectó significativamente la pendiente de la curva en esta región II (Fig. 1) las densidades de adsorción, (área por molécula, de aproximadamente  $80 \text{ nm}^2$ ) con una cobertura de monocapa, deberían ser muy similares para los tres surfactantes testeados (NPEO12, NPEO9 y NPEO5). Basándose en estos resultados, se puede concluir que el efecto de la parte hidrofílica de la molécula del agente tensioactivo sobre la tensión superficial fue despreciable.

Los resultados del análisis BET para materiales adsorbentes se presentan en la Tabla 1. Como se observa la superficie total de carbón activo y de lignito fue  $854,3 \text{ m}^2 / \text{g}$  y  $5,9 \text{ m}^2 / \text{g}$ , respectivamente. Sin embargo, la distribución del área de poros de carbón activo muestra que el 40% de los poros tienen un tamaño medio de  $9,7 \text{ \AA}$ . Eso significa que este porcentaje de poros no sería adecuado para las moléculas de NPEOx que son más



grandes. Por lo tanto el área disponible para la adsorción será mucho menor que el área total determinada.

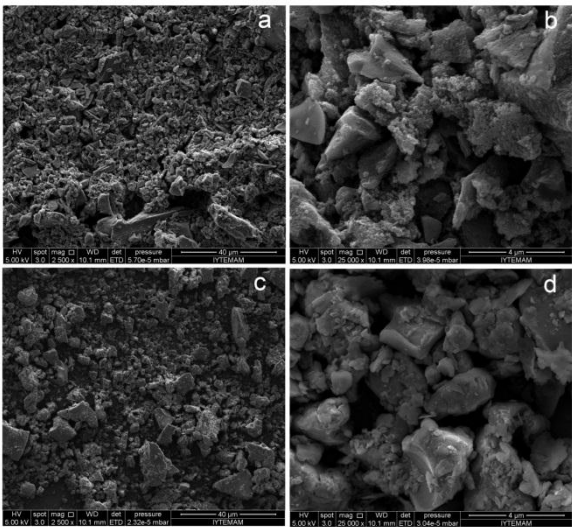


**Figura 1:** Tensión superficial en función de la concentración de NPEO12 , NPEO9 y NPEO5

**Tabla1:** Superficie , volumen de poro y tamaño de poro de los materiales adsorbentes

Adsorbente	BET area superficial (m²/g)	Volumen de poro (cm³/g)	Tamaño de poro (Å)
Carbon Activado	854.3051	0.845012	39.5649
Lignito	5.9307	0.012278	82.8125

Los resultados de las mediciones de tamaño de partícula para materiales adsorbentes mostraron que el tamaño de partícula nominal de carbón activado era de 25 micrones y para lignito de 70 micrones. También se obtuvieron las imágenes de SEM de las partículas que se presentan en la Figura 2.



**Figura 2:** Imágenes de SEM a) Carbón activado 2500X b ) Carbón activado 25000X c) Lignito 2500X d ) Lignito 25000X

### 3.2. Aplicación de las isotermas de adsorción

Las isotermas de Freundlich y Langmuir se utilizan comúnmente para describir las características de adsorción; ambas ecuaciones fueron utilizadas para modelar los datos experimentales. La isoterma de Freundlich se define como:

$$\frac{x}{m} = k_f \cdot [C_e]^n \quad (3)$$

donde;  $x / m$  es la cantidad de adsorbato adsorbido por unidad de peso de adsorbente,  $C_e$  es la concentración de equilibrio del adsorbato en solución después de la adsorción,  $k_f$  es un factor empírico (capacidad de Freundlich.) (mg / g), (mol / L) y  $n$  es el exponente Freundlich

Para construir la isoterma, los datos de adsorción se representaron como  $\log (x / m)$  frente a  $\log (C_e)$  y se obtuvo una recta con pendiente  $n$  y ordenada al origen  $k_f$ . La ordenada al origen y la pendiente son indicadores de la capacidad de adsorción y la intensidad de adsorción, respectivamente. Los datos de adsorción que se obtuvieron para cada uno de los componentes se representaron en forma log-log en la Figura 3 para determinar la aplicabilidad de la isoterma de Freundlich para la adsorción de NPEOx sobre carbón activo y lignito.

Se puede observar que los datos muestran un excelente ajuste a la isoterma Freundlich. Esto significa que la adsorción aumenta constantemente con el aumento de la concentración inicial y no se limita a la adsorción de una monocapa.

La isoterma de adsorción de Langmuir se define como:

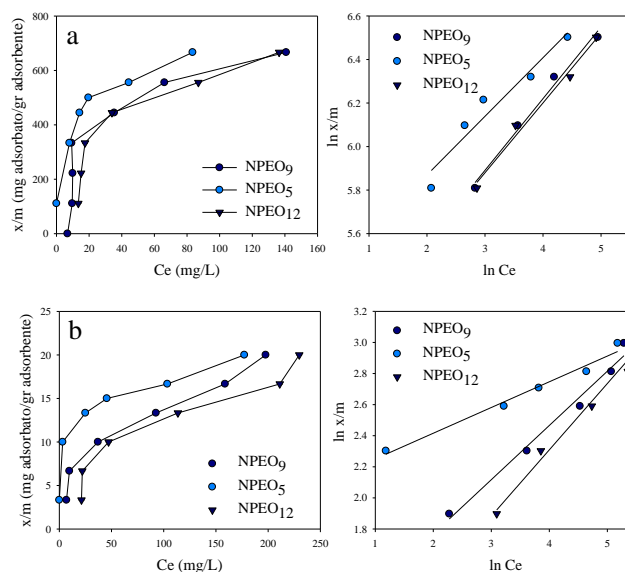
$$\frac{x}{m} = \frac{a \cdot k_L \cdot C_e}{1 + k_L \cdot C_e} \quad (4)$$

donde;  $x / m$  es la cantidad de adsorbato adsorbido por unidad de peso de adsorbente,  $C_e$  es la concentración de equilibrio del adsorbato en solución después de la adsorción;  $a$  es la constante empírica de Langmuir que representa la capacidad de adsorción máxima (mg / g) y  $k_L$  es la constante empírica Langmuir (l / mg) Reordenando la ecuación (4) resulta:

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{a \cdot k_L} + \frac{1}{a} \cdot C_e \quad (5)$$

El grafico de  $C_e / (x / m)$  vs  $C_e$  da una línea recta con pendiente  $1/a$  y la intersección  $1 / a k_L$ . En esta ecuación,  $a$  es la cantidad adsorbida por gramo de adsorbente,  $k_L$  es la constante de Langmuir (L/g), que indica la capacidad de adsorción del soluto. En la Fig. 4 se representan los datos experimentales para probar la aplicabilidad de isoterma de Langmuir.

. Los resultados revelaron que la isoterma de Langmuir fue el mejor modelo para la adsorción NPEOx sobre carbón activo y lignito con  $r^2 = 0.998$ .



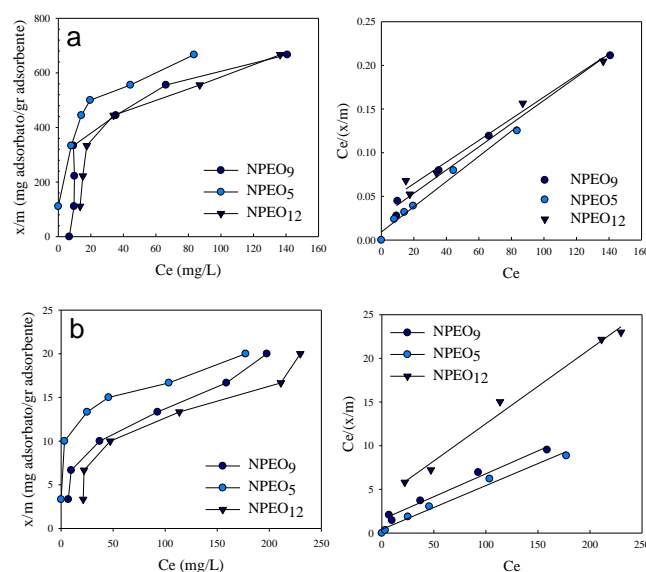
**Figura 3:** Aplicación de las isothermas de adsorción de Freundlich para NPEOx en a) Carbón activo b) carbón de lignito

La curvatura inicial muestra que a medida que más sitios en el sustrato se van llenando cada vez es más difícil para una molécula de soluto encontrar un sitio vacante disponible. Las variaciones de la meseta indicarían que el compuesto no iónico, se adsorbe en forma plana, y por lo tanto la superficie cubierta acepta fácilmente otra capa de moléculas, que se apilan en la parte superior plana de los que ya existen (Giles, MacEwan et al. 1960).

Las características esenciales de Langmuir se pueden utilizar para predecir la afinidad entre el adsorbato y adsorbente usando una constante adimensional llamado factor de separación o parámetro de equilibrio ( $R_L$ ), que se expresa por la siguiente relación (Hall, Eagleton et al. 1966)

$$R_L = \frac{1}{1 + k_L \cdot C_i} \quad (6)$$

donde  $k_L$  es la constante de Langmuir y  $C_i$  es la concentración inicial. El valor  $R_L$  indica si la isoterma de Langmuir representa un proceso desfavorable o favorable (Suzuki 1990), siendo más favorable cuanto más pequeño sea  $R_L$ . Los valores de  $R_L$  entre 0 y 1 indican adsorción favorable. El valor encontrado en la presente investigación fue 0.9563 para la adsorción de NPEO5 en carbón activo y 0.9653 en lignito, 0.9857 para la adsorción de NPEO9 en carbón activado y 0.9900 en lignito, y 0.9910 para la adsorción de NPEO12 en carbón activado y 0.9955 en lignito, lo que indica que la adsorción de NPEOx sobre estos materiales es favorable, y depende de la longitud de la cadena de etoxilato, siendo más favorable cuando la cadena es más corta



**Figura 4:** Aplicación de la isoterma de adsorción de Lagmuir para NPEOx en a) Carbón activo b) lignito

#### 4. Conclusiones

Los resultados revelaron que la isoterma de adsorción de Langmuir fue el mejor modelo para representar la adsorción sobre carbón activo NPEOx y lignito con un  $r^2 = 0,998$ . Las características esenciales de la isoterma de Langmuir se utilizaron para predecir la afinidad entre el sorbato y adsorbente, indicando que la adsorción de NPEOx sobre carbón activo y lignito es favorable, y depende de la longitud de la cadena de etoxilato, siendo más favorable cuando la cadena es mas corta.

#### 5. Referencias

- Baleux, B. (1972). Surfactant Biodegradation
- Giles, C. H., T. H. MacEwan, et al. (1960). "786. Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids." *Journal of the Chemical Society (Resumed)*(0): 3973-3993.
- Hall, K. R., L. C. Eagleton, et al. (1966). "Pore- and Solid-Diffusion Kinetics in Fixed Bed Adsorption under Constant-Pattern Conditions." *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals* 5(2): 212-223.
- Nagarnaik, P. M. and B. Boulanger (2011). "Advanced oxidation of alkylphenol ethoxylates in aqueous systems." *Chemosphere* 85(5): 854-860.
- Routledge, E. J. and J. P. Sumpter (1996). "Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen." *Environmental Toxicology and Chemistry* 15(3): 241-248.
- Suzuki, M. (1990). Adsorption Engineering. Japan.
- Ying, G.-G., B. Williams, et al. (2002). "Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates—a review." *Environment International* 28(3): 215-226.
- White, R., S. Jobling, et al. (1994). "Environmentally persistent alkylphenolic compounds are estrogenic." *Endocrinology* 135(1): 175-182

**12TCAm - DESARROLLO DE MEMBRANAS DE QUITOSANO  
RETICULADAS A PARTIR DE *Penaeus setiferus* CON ÁCIDO CÍTRICO PARA  
LA ELIMINACIÓN DE IONES DE CADMIO ( $\text{Cd}^{2+}$ ) Y PLOMO ( $\text{Pb}^{2+}$ ) EN  
SOLUCIONES ACUOSAS**

**FIGUERO, O. J. R.; CASTRO H. J. C.; DE LOS SANTOS R. F.; HERNÁNDEZ  
J. J. C.; TEMICH E. J.; BAUTISTA F. A N.; MATA, G. M. \***

**Ingeniería Química, Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz.  
moisesmg2000@hotmail.com**

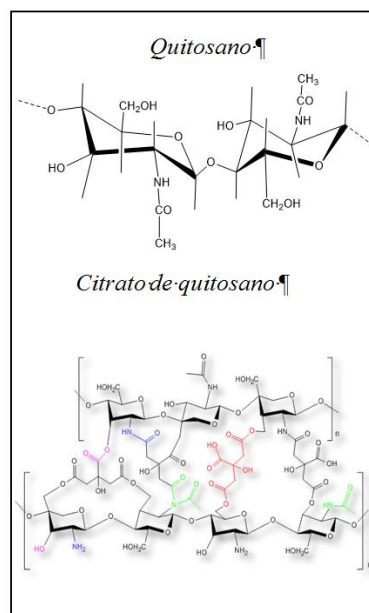
### **1 Resumen.**

Mediante las condiciones propuestas para la síntesis de hidrólisis alcalina a altas temperaturas empleada en este estudio se logró extraer Quitosano a partir de los exoesqueletos de *Penaeus setiferus* obteniendo un rendimiento en la síntesis de  $25\% \pm 1.7\%$ , la caracterización del quitosano en el análisis de IR se logró identificar las bandas características del quitosano comercial, el grado de desacetilación (GDA) mediante el método de dos líneas propuestas por Sabnis and Block, (1997) mediante el espectro de infrarrojo dio un valor de  $75.37\% \pm 0.82\%$ , el grado de acetilación determinado por la entalpia en la temperatura de descomposición del análisis térmico del DSC fue de  $25.26\% \pm 0.36\%$ , la humedad y cenizas del quitosano fueron de  $12.99\% \pm 0.18\%$  y  $0.81\% \pm 0.13\%$  respectivamente, la solubilidad se hace presente en ácido acético diluido y ácido clorhídrico, el porcentaje de material insoluble en ácido acético fue de  $0.53\% \pm 0.02\%$  y el estudio del análisis térmico DSC para la temperatura de eliminación del agua y la temperatura de descomposición fue de  $95.88^\circ\text{C} \pm 0.59^\circ\text{C}$  y  $306.78^\circ\text{C} \pm 2.85^\circ\text{C}$  respectivamente. Estos resultados fueron comparados con el quitosano de la empresa Sigma Aldrich. En la reacción de reticulación se obtuvieron membranas de quitosano entrecruzadas con ácido cítrico, para la caracterización de las biopelículas, en la medición de espesor, se encontró en un rango de 0.011 mm a 0.12 mm, en los estudios de la FT-IR se logró identificar la formación de enlaces amidas y esterres en la estructura de quitosano, el grado de hinchamiento fue de 23% a 57%, el contenido de agua fue de 31%-114%, en los estudios por DSC para la amplia curva de la temperatura de eliminación del agua y la temperatura de descomposición fue de  $103.23^\circ\text{C}$  a  $215.32^\circ\text{C}$  y  $299.87^\circ\text{C}$  respectivamente, comprobándose el entrecruzamiento formando el citrato de quitosano (Alzáte y Valencia 2009).

### **2. Introducción.**

En la naturaleza hay una gran diversidad de polímeros muy importantes; uno de ellos es la quitina, presentándose en mayor proporción en los exoesqueletos de crustáceos como lo mencionan Villatoro y Figueroa (2013). El quitosano es el derivado desacetilado de la quitina, usualmente obtenido por la hidrólisis alcalina de la quitina (Abdus 2011). En la región sur de Veracruz, no cuenta con un sistema de tratamiento para aguas residuales provocando que en los mantos acuíferos de la zona se encuentran contaminados por la actividad humana; careciendo de medidas de mitigación que ayude a disminuir y controlar la contaminación provocada por los metales pesados originados por las industrias químicas, lo que origina la mortandad de la flora, fauna y generando olores fétidos. Por lo tanto, en este estudio se propuso elaborar una membrana reticulada,

utilizando como materia prima la especie *Penaeus setiferus* (Camarón) y el ácido cítrico (agente entrecruzante).



**Figura I.** Relacion estructural del Quitosano y Citrato de quitosano

### 3. Materiales y Métodos.

#### a) Hidrólisis alcalina

La síntesis de quitosano se basó optimizando el método de Edission y Olivero., (2009), el cual consta de dos etapas: descalcificación y desacetilación.

**Descalcificación:** Los exoesqueletos de camarón, molidos y tamizados, se sometieron a un tratamiento con ácido clorhídrico 2 M durante tres horas a temperatura ambiente, en un matraz con agitación constante. La relación masa de exoesqueleto molido/volumen de disolución ácida fue 1/10. Después, se procedió a filtrar en un embudo Buchner, haciendo lavados con agua destilada hasta alcanzar la neutralidad del medio, finalmente se coloca en una incubadora a 50°C.

**Desacetilación.** Como mencionan Alzáte y Valencia., (2014) este es un proceso de modificación química de la quitina, en el cual las unidades acetilo son eliminadas, se llevó a cabo en un matraz equipado con condensador de reflujo, mediante el empleo de hidróxido de sodio al 50%. El proceso se realizó durante 3 horas, a 110°C y con agitación constante. El producto obtenido se purificó filtrando en un embudo Buchner realizando lavados con agua destilada caliente hasta lograr la eliminación del exceso de base, por último se coloca en una incubadora a 50°C.

#### b) Caracterización del quitosano

**Determinación del grado de desacetilación (GDA).** Para la identificación del quitosano se utilizó la técnica de Espectroscopia Infrarroja, para ello se utilizó un Spectrum One FT-IR Spectrometer (Perkin Elmer). La determinación del porcentaje de grado de desacetilación fue calculado utilizando dos líneas base del espectro de infrarrojo, con base al método propuesto por Sabnis and Block, (1997) (Ecuación 1).

$$GDA = 97.67 - \left[ 26.486 * \frac{A1655}{A3450} \right] \dots E.1$$

Donde A1655 y A3450 son las absorbancias del pico correspondiente a la banda amida I y de la banda tomada del grupo funcional –OH como referencia correspondiente.

**Determinación del grado de acetilación (GA).** Se empleó el método de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) considerando la metodología de Guinesi (2006). Mientras para las mediciones de DSC (Perkin Elmer) se utilizó una plataforma de software Pyris, en rangos de temperatura entre 40 y 360 °C con un flujo de nitrógeno de 20 ml/min., para el cálculo de grado de acetilación se empleó la entalpía del quitosano a la temperatura de descomposición (Ecuación 2). Donde y es la entalpía del quitosano en el intervalo de temperatura 260-330°C

$$y = 257.98 - [ 3.25 * GA ] \dots E.2$$

**Determinación del contenido de cenizas y porcentaje de humedad.** Se utilizó el método gravimétrico, para el contenido de cenizas se incinero 2 g de quitosano en la mufla a 750–800°C durante 6 horas, el enfriamiento se realizó en un desecador y se pesó el crisol, repitiéndose sucesivamente esta operación hasta obtener un peso constante. Mientras para el porcentaje de humedad, se pesan 2 g de quitosano en un crisol colocándolos en una estufa a 105°C hasta peso constante. Los resultados se expresaron sobre la base de tres réplicas.

**Determinación de la solubilidad en solventes polares.** En 5 tubos de ensayo se colocó 100 mg de muestra y se le agrego 5 mL del solvente respectivo: Agua, etanol, ácido acético glacial y ácido clorhídrico, se agitó, se dejó en reposo por 24 horas y se observan los resultados.

**Determinación del porcentaje de material insoluble en ácido acético.** Consiste en mezclar 2 g de quitosano con 300 ml de ácido acético al 2%. La mezcla se deja bajo agitación por 1 hora a temperatura ambiente, después se filtra y luego se seca a 105 °C hasta determinar la masa de material insoluble por diferencia de pesos.

**Estudios de la transformada de Fourier de infrarrojos (FT-IR).** De la misma forma que la caracterización de quitosano, las membranas se analizarán por el método de espectrofotómetro de infrarrojo en la región de 400-4000 cm<sup>-1</sup>. Los espectros de absorción serán obtenidos en un espectrofotómetro de infrarrojo, Spectrum One. FT-IR Spectrometer, Perkin Elmer.

**Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido (DSC).** Usando el software Pyris en un rango de temperatura entre 40 y 360°C con un flujo de nitrógeno de 20 ml/min utilizando un DSC (Perkin Elmer).

### c) Reticulación del quitosano con ácido cítrico.

Se realizó con el método optimizado que consiste en disolver 0.5 g de quitosano en una solución de ácido acético al 15%, reaccionando directamente el ácido cítrico a 0.05g, 0.1g, 0.15g, 0.2g y 0.5g en un parrilla de calentamiento con agitación magnética durante 30 minutos, después se vierten en cajas Petri de polietileno y se colocan en una incubadora a 50 °C a una atmósfera de aire durante 28 horas.

#### **d) Caracterización del citrato de quitosano.**

**Medición de espesor.** Se utilizó un micrómetro análogo de medida cercana a 0.01 mm. Para esta prueba fueron tomados tres datos de cada película en puntos aleatorios de la misma para obtener las medidas.

**Estudios de la transformada de Fourier de infrarrojos (FT-IR).** Los espectros de absorción fueron obtenidos en un espectrofotómetro de infrarrojo, Spectrum One. FT-IR Spectrometer, Perkin Elmer en la región de 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

**Grado de hinchamiento y contenido de agua.** Se realizó a temperatura ambiente introduciendo la membrana de quitosano en agua, después se secó cuidadosamente la superficie con papel de filtro hasta que no se detectaron variaciones en la masa, el grado de hinchamiento y contenido de agua se calculó por diferencia de pesos (Garmpimol, 2002).

**Estudios por calorimetría diferencial de barrido (DSC).** Se realizó utilizando un Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC), Perkin Elmer, en un rango de temperatura entre 40 y 360 °C con un flujo de nitrógeno de 20 ml/min mediante el software de Pyris.

#### **4. Resultados**

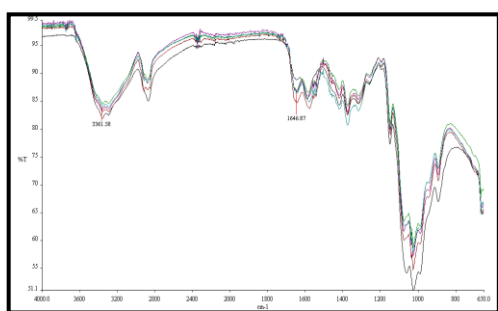
En la tabla I, podemos apreciar que empleando las condiciones experimentales de la hidrólisis alcalina optimizada, para la obtención de Quitosano se obtuvo un rendimiento de  $25\% \pm 1.7\%$  siendo mayor que el de Rocha-Pino et al., (2008) que reportó 20%. Para el cálculo del grado de desacetilación se tomaron las bandas de amida I ( $1655\text{cm}^{-1}$ ) y del grupo  $-\text{OH}$  ( $3450\text{cm}^{-1}$ ). García, (2012) reporta que el grado de desacetilación del quitosano se halla en un rango aproximando de 60-95%, y cuando alcanza el 100%, el polímero se conoce como quitano. Por lo tanto, se confirma que se obtuvo quitosano de *Penaeus setiferus* con grado de desacetilación (GDA) de  $75.37\% \pm 0.82\%$ . En la figura 2, se aprecia el análisis térmico de DSC, para obtener el grado de acetilación del método de Guinesi, (2006) se considera la entalpía a una temperatura de descomposición entre 285-340°C de  $175.88 \text{ J/g} \pm 1.15$ , teniendo un resultado de  $25.26\% \pm 0.36\%$ , que se debe a los grupos acetiles presentes en la estructura piranósica del quitosano. El porcentaje de humedad fue de  $12.99\% \pm 0.18\%$  siendo similar al obtenido por Paz et al., (2012) de 5-14%, correspondiente a tres sitios predominantes (grupos hidroxilos libres, grupos aminos y el final de la cadena polimérica, compuesta por un grupo hidroxilo o carbonilo), además de su estructura porosa con regiones cristalinas y amorfas que facilitan la absorción del agua en su superficie. El porcentaje de cenizas de  $0.81\% \pm 0.13\%$  concuerdan con Paz et al., (2012) y Luna (2012) de 0.4-0.9%, relacionado por la presencia de impurezas de tipo mineral (calcio), acordes con el contenido calcáreo característico del exoesqueleto del camarón. La solubilidad del quitosano en agua y ácido acético glacial concuerda con los resultados de Baltodano, (2012), se debe a la protonación de los grupos aminos presentes en su estructura. Al realizar la comparación con el porcentaje de material insoluble de  $0.53\% \pm 0.02\%$  con el contenido de cenizas del quitosano que es de  $0.81\% \pm 0.13\%$  son similares, y concuerda como lo menciona Sánchez (2006) que dicho material insoluble es el material inorgánico que no fue disuelto en ácido acético y el contenido de cenizas es el residuo de material inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica.



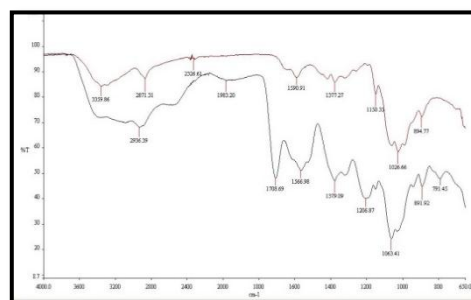
Tabla Caracterización del quitosano y quitosano comercial.

Determinación	<i>Penaeus setiferus</i>	Quitosano comercial
Rendimiento de la síntesis	25% $\pm$ 1.7%	---
GDA	75.37% $\pm$ 0.82%	81.9%
GA	25.26% $\pm$ 0.36%	18.08%
% Cenizas	0.81% $\pm$ 0.13%	2%
% Humedad	12.99% $\pm$ 0.18%	10%
Solubilidad	HCl, CH <sub>3</sub> COOH	HCl, CH <sub>3</sub> COOH
% Material insoluble	0.53% $\pm$ 0.02%	0.6%
Grupo -OH	3361 cm <sup>-1</sup>	3450 cm <sup>-1</sup>
Grupo N-H	3232 cm <sup>-1</sup>	3292 cm <sup>-1</sup>
Grupo C-H	2917 cm <sup>-1</sup>	2919 cm <sup>-1</sup>
Amida I	1625 cm <sup>-1</sup>	1655 cm <sup>-1</sup>
Doblaje del grupo -NH <sub>2</sub>	1576 cm <sup>-1</sup>	1580 cm <sup>-1</sup>
Amida III	1375 cm <sup>-1</sup>	1313 cm <sup>-1</sup>
Tensión asimétrica del C-O-C	1114 cm <sup>-1</sup>	1154 cm <sup>-1</sup>
Vibraciones de su estructura piranósica	1070 cm <sup>-1</sup> y 1014 cm <sup>-1</sup>	1082 cm <sup>-1</sup> y 1032 cm <sup>-1</sup>
Tensión C-H de grupos anoméricos	892 cm <sup>-1</sup>	896 cm <sup>-1</sup>

Existen dos puntos clave en el análisis térmico del quitosano corresponde con los estudios de Neto, *et al.*, (2005), los cuales son una curva endotérmica y otra exotérmica, la curva endotérmica del análisis térmico presente en la temperatura de 95.88°C $\pm$ 0.59°C es debido a la pérdida del agua liberada que se encuentra en las cadenas del polímero, así mismo la exotérmica es atribuible a la degradación de la cadena del quitosano. La temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) que se encuentra en la mayoría de los polímeros, no se presenta en el quitosano debido a que se enmascara por la cantidad de agua que se encuentra en los grupos hidroxilos libres de las cadenas, grupos aminos y en el final de la cadena polimérica por un grupo hidroxilo o carbonilo como lo menciona Abdus, *et al.*, (2011). En la figura II se muestran los espectros de IR obtenidos en las muestras de *Penaeus setiferus* (color verde, vino, morado y azul) y el quitosano de Sigma Aldrich (color negro). Teniendo como referencia los grupos funcionales de la tabla 1 del quitosano del Sigma Aldrich son similares.



**Figura II.** Espectros de IR *Penaeus setiferus* (colores: verde, vino, morado y azul) y Quitosano comercial (color negro).



**Figura III.** Espectros de IR *Penaeus setiferus* (color lila) y Citrato de quitosano (color negro).

En la tabla II, se muestra que la variación de la concentración del ácido cítrico en las membranas hace que el espesor aumente, pero se aprecia un decrecimiento en la absorción de agua y en la cantidad de hinchamiento en las películas debido a la presencia de una fuerza elástica de retracción de las cadenas poliméricas, lo que evidencia la disminución en la capacidad de absorción de agua. Sin embargo se aprecian dos curvas térmicas en los estudios de DSC, la primera curva endotérmica se presenta en un amplio rango de temperatura debido a la presencia de grupos hidrofílicos carbonilos de las amidas y ésteres en su estructura liberando moléculas de agua en la cadena polimérica, así mismo la exotérmica es atribuible a la degradación de la cadena del quitosano. En la figura III se muestran los espectros de infrarrojo del quitosano de *Penaeus setiferus* (color lila) y citrato de quitosano (color negro), generando en el quitosano grupos carbonilos ( $C=O$ ) en  $1708\text{ cm}^{-1}$ , alargamientos del  $C-O$  de los ésteres en  $1063\text{ cm}^{-1}$  y grupos  $C-O$  en  $1206\text{ cm}^{-1}$ . Con base a lo anterior se propone la estructura del citrato de quitosano como se aprecia en la figura I (Neto, et al., 2005; Garnpimol 2002).

Tabla II. Caracterización del Citrato de Quitosano

Métodos	Citrato de quitosano
Medición de espesor	0.011- 0.12 mm
Grado de hinchamiento	23%-57%,
Contenido de agua	31%-114%
Temperatura de eliminación del agua	103.23°C, 215.32 °C
Temperatura de descomposición	299.87 °C.

## 5. Conclusión.

Empleando las condiciones propuestas en este trabajo para la síntesis de hidrólisis alcalina, se logró extraer Quitosano a partir de los exoesqueletos de *Penaeus setiferus*, comparándolo con las caracterizaciones del quitosano comercial como el grado de desacetilación (GDA), grado de acetilación (GA), porcentaje la humedad, contenido de cenizas, porcentaje de material insoluble en ácido acético, solubilidad en solventes polares, estudios del análisis térmico por DSC y de la transformada de Fourier de infrarrojos (FT-IR), donde los resultados obtenidos, fueron correspondidos en base a los estudios científicos junto con el quitosano de la empresa Sigma Aldrich. Mediante la

metodología optimizada para la reacción de entrecruzamiento del quitosano con ácido cítrico se logró el desarrollo de una membrana por medio de la formación de grupos ésteres y amidas en la estructura del quitosano de acuerdo al análisis de IR formándose el polímero reticulado citrato de quitosano, en las caracterizaciones fisicoquímicas de las biopelículas como la medición de espesor, porcentaje de hinchamiento, contenido de agua y estudios por calorimetría diferencial de barrido (DSC), los resultados obtenidos demuestran la presencia de la reticulación del ácido cítrico con el quitosano. Se continuará el proyecto analizando la remoción de los iones  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  en soluciones acuosas en las membranas de Citrato de quitosano por medio de Absorción Atómica.

## 6. Bibliografía

- Abdus, S., Richard, V., Pawlak, J., J., (2011). Cross-linked hemicellulose citrate chitosan aerogel foams. *Carbohydrate polymers*, Vol. 84 (4), 1221-1229.
- Alzáte., L. F. D., Valencia., M. Z., (2014) Extracción y caracterización de quitosano a partir del hongo *A. Niger* para andamios como soporte para el crecimiento de tejidos, *Revista Colombiana de Materiales* No. 5, 42-47
- Baltodano, L. C. T., (2009), Obtención, caracterización y diseño de una forma farmacéutica semisólida (ungüento) a base de quitosano con efecto cicatrizante. *Eciperu*, Vol. 6 (2), 77-85.
- Edisson, D. R., Olivero, J. V., (2009) Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón. *Scientia et Technica* año XV, No 42, ISSN 0122-1701, 290-295.
- García, N., (2012) Análisis de la adsorción como método de pulimento en el tratamiento de aguas residuales, *Quivera*, Vol. 14 (1), 109-129.
- Garmpimol, R., C., (2002) Phaechamud, Thawatchai, "Moist heat treatment on physicochemical change of chitosan films". *International Journal of Pharmaceutics*. Vol 232 No.1 11-22
- Guinesi, L. S., (2006) The use of DSC curves to determine the acetylation degree of chitin/chitosan samples. *Thermochimica Acta* 444, 128–133.
- Luna, E. Y. C., (2012). Obtención de quitosano a partir de quitina para su empleo en conservación de frutillas y Moras, Tesis de ingeniería de Quito, Ecuador.
- Neto, C. G. T., Job, A. E., Ferreira, F. C., (2005) Thermal analysis of chitosan based networks. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 62 (2). 97-103
- Paz, N., Fernández., M., Darío, L. O., (2012) Optimización del proceso de obtención de quitosano derivada de la quitina de langosta., *Revista Iberoamericana de Polímeros*, Vol. 13 (3).
- Rocha-Pino, Z., Shirai K., Arias, L., (2008) Efecto de la calidad del agua y tamaño de partícula en la producción de quitosano a partir de  $\beta$ -quitina extraída de desperdicios de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), *Revista Mexicana de Ingeniería Química* Vol. 7, No. 3 299-307
- Sabnis, S., Block, L. H., (1997) Improved infrared spectroscopic method for analysis of degree of N-acetylation of chitosan. *Polym Bull.*, Vol. 39, 67-71.
- Sánchez, A. B., (2006) Caracterización y utilización de hidrogeles de quitosano obtenidos a partir de camarón langostino (*Pleuroncodes planipes*) para el crecimiento de fibroblastos humanos, Tesis de ingeniería. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Villatoro, J. A. G., Figueroa, J. R. O., (2013) Síntesis de quitosano a partir de residuos de *penaeus setiferus*, *callinectes similis* y *rangia flexuosa*, Libro del programa y

resúmenes presentados al 48° congreso mexicano de química y 32° congreso nacional de educación química de la sociedad química de México (SQM), Guanajuato, México. Boletín de la sociedad Química de México, Vol. 7 Agosto-Septiembre, 232.

## **13TCAm - AGRESIVIDAD Y APTITUD PARA RIEGO DE EFLUENTES DE INDUSTRIAS FRUTIHORTÍCOLAS Y VITIVINÍCOLAS.**

**BALANZA, M. E.; ORDOÑEZ, A. L.; SÁNCHEZ, A. M.; SANTIBAÑEZ, M. E.**

**Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Mendoza, Argentina. (mbalanza@fcai.uncu.edu.ar)**

### **Resumen.**

El agua subterránea de uso industrial en la región de San Rafael, Mendoza, suele tener valores de dureza y salinidad altos y carácter fuertemente incrustante, aún a temperatura ambiente. Las industrias frutihortícolas y vitivinícolas descartan más del 90% del agua utilizada en sus procesos como efluentes, previa incorporación de cantidades muy variables de materia orgánica disuelta o en suspensión, putrescible, así como algunas sustancias inorgánicas como sodio y/o cloruros, provenientes de álcalis o sal. En este trabajo se determinaron los Índices de Agresividad y la Relación de Absorción de Sodio de efluentes de dichas industrias para evaluar su calidad para riego. En la mayoría de los casos los efluentes resultaron fuertemente agresivos corrosivos, requiriendo corrección para su uso. En cuanto a la calidad salina para el riego, si bien en muchos casos no presentan variación significativa respecto del agua limpia utilizada, en otros se transforman en agua de alta peligrosidad sódica y salina para los suelos.

### **Introducción**

Las industrias, en su mayoría frutihortícolas y vitivinícolas, del sur de la provincia de Mendoza, requieren para su funcionamiento importantes cantidades de agua, por lo que utilizan principalmente agua subterránea, de buena calidad microbiológica pero de alta o muy alta salinidad y alto contenido de calcio, con carácter netamente incrustante, tanto a temperaturas altas como ambiente (Balanza et al., 2012). Más del 90% del agua utilizada suele eliminarse luego como efluentes, habiendo incorporado gran cantidad de materia orgánica putrescible o modificado el contenido salino por uso de álcalis, sal y/u otros insumos en algún punto del proceso.

El comportamiento de los componentes o contaminantes químicos de las aguas naturales y residuales es función de las propiedades físico-químicas que predominan en éstas y su capacidad agresiva corrosiva o incrustante depende del equilibrio de las especies carbonatadas y el contenido de calcio, aunque con influencia del contenido de sales totales y/o de otros iones presentes en dicho equilibrio (Villar Alvarado, 2008; Rodier, 1998; Birnhack et al., 2010)

A los efectos de valorar la calidad del agua para riego, además del pH, que influye no sólo en los índices de agresividad sino también afectando la vida vegetal y animal fuera del rango de pH 5,5 a 9,0 (valores fijados como límites en las reglamentaciones de vertidos o reúso para riego), es importante tener en cuenta parámetros que permitan valorar el peligro de salinización (sólidos inorgánicos disueltos) y de alcalinización del suelo (por contenido de sodio). Siendo que la peligrosidad sódica se contrarresta por el contenido de calcio y magnesio, uno de los parámetros más utilizados para la valoración es la relación de absorción de sodio (RAS).

El objetivo del trabajo es evaluar la calidad de los efluentes industriales frutihortícolas y vitivinícolas en relación a su agresividad y aptitud para riego.

## Materiales y Métodos

Se realizó el análisis fisicoquímico de 40 muestras tomadas al azar, de efluentes de industrias frutihortícolas y vitivinícolas en el momento del vertido a cauces o a uso para riego, en relación a los principales iones, conforme a los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, de APHA-AWWA-WPFC (1995), así como pH, conductividad eléctrica (C), sólidos totales (ST) y DQO.

El carácter agresivo (ya sea corrosivo o incrustante) del agua se determinó como Índice de Agresividad (Ia) de Langelier, o sea, la diferencia entre el pH medido del agua y el pH de equilibrio o saturación (pHs) de la misma para determinada temperatura. Los pHs para 25°C y 40°C se determinaron por cálculo (Langelier, 1936, Barceló et al., 2002) según la ecuación

$$\text{pHs} = 9,3 + A + B - C - D \quad [1]$$

donde:

$$\begin{aligned} A &= (\log \text{SDT}(\text{mg/L}) - 1) / 10 \\ B &= -13,2 * \log (T (^{\circ}\text{C}) + 273,2) + 34,55 \\ C &= \log \text{Ca} (\text{mg CaCO}_3 / \text{L}) - 0,4 \\ D &= \log \text{Alcalinidad} (\text{mg CaCO}_3 / \text{L}) \end{aligned}$$

La relación absorción sodio (RAS) para valoración de la aptitud para riego (Catalán-Lafuente, 1990) se determinó mediante la fórmula, donde las concentraciones se expresan en meq/L

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \quad [2]$$

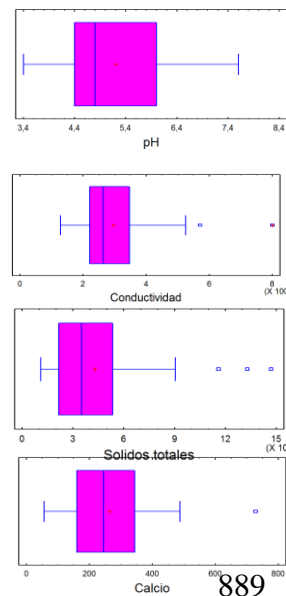
## Resultados y discusión

Los valores medios de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes de industrias frutihortícolas y vitivinícolas, así como su variabilidad, se muestran en la tabla 1, la cual se acompaña con los gráficos de caja y bigotes para cada parámetro.

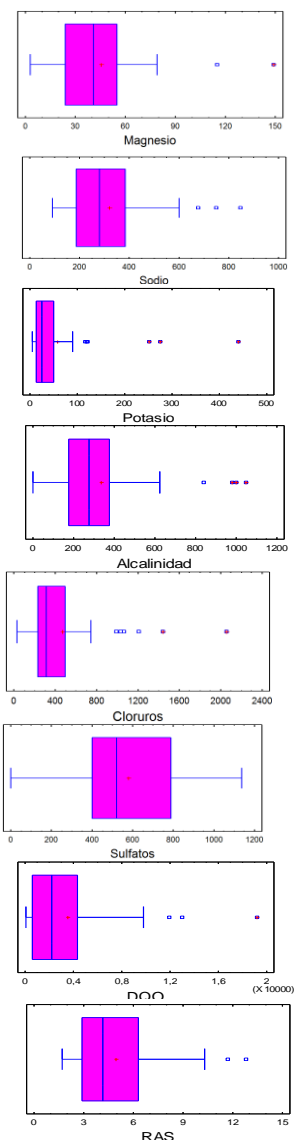
Excepto para pH y el contenido de sulfatos, que muestran coeficientes de asimetría y curtosis compatibles con una distribución normal de datos, todos los demás parámetros analizados presentan importantes asimetrías, por lo que se incluyen también en la tabla los valores máximos y mínimos y las medianas de los mismos.

**Tabla 1.** Composición media y variabilidad de aguas residuales de industrias frutihortícolas y vitivinícolas

Parámetro	Promedio ± DE	CV %	Máx. Mín.	Mediana
Sólidos sedimentables en 2 h (ml/L)	20 ± 52	260	260 0	2
pH	5,2 ± 1,3	25	7,6 3,4	4,8
Conductividad (μS/cm)	2956 ± 1334	45	7990 1293	2650
Sólidos Totales (mg/L)	4312 ± 3203	74	14700	3503



			1080	
Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	945 ± 438	46	2320 200	870
Calcio (Ca <sup>++</sup> ) (mg/L)	265 ± 135	51	728 76	246
Magnesio (Mg <sup>++</sup> ) (mg/L)	45 ± 31	69	149 3	41
Sodio (Na <sup>+</sup> )(mg/L)	319 ± 185	58	847 90	279
Potasio (K <sup>+</sup> )(mg/L)	58 ± 88	152	440 5	25
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	337 ± 263	78	1049 0	278
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	473 ± 422	89	2059 28	312
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )(mg/L)	579 ± 285	49	1136 80	521
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	3526 ± 4241	120	19167 63	2184
R.A.S	4,9 ± 2,8	57	12,8 1,7	4,15
pHs 25°C	6,8 ± 0,6	9,3	9,5 6,0	6,6
pHs 40°C	6,5 ± 0,6	9,7	9,2 5,7	6,4
Índice de Agresividad a 25°C (Ia 25°C)	- 1,5 ± 1,4	93	0,8 - 6,0	- 1,6
Índice de Agresividad a 40°C (Ia 40°C)	- 1,1 ± 1,4	125	1,1 -5,7	- 1,3

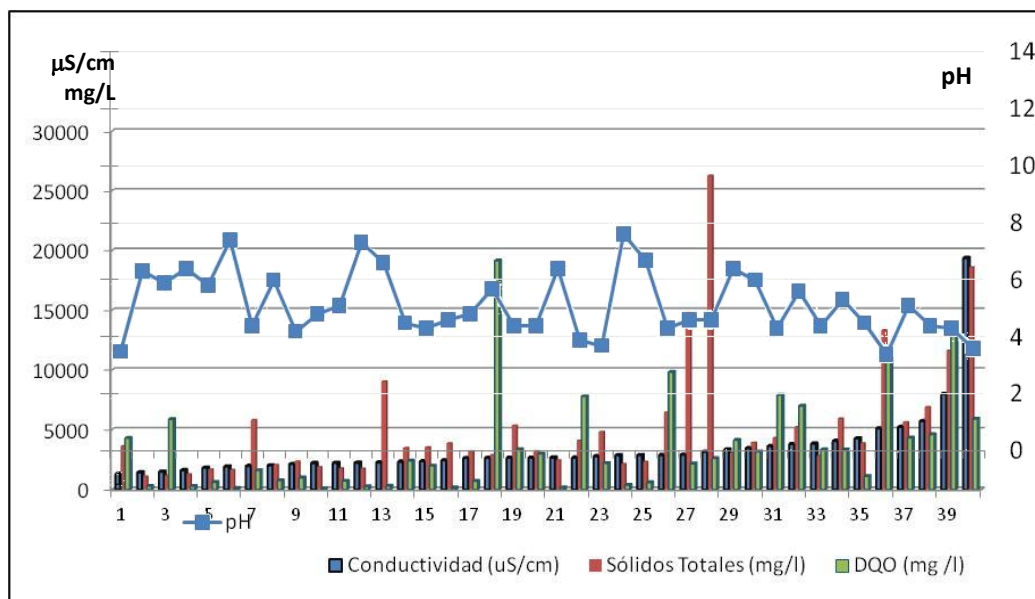


A diferencia de las aguas naturales estudiadas en trabajos previos, los efluentes se caracterizan por un contenido variable de sólidos orgánicos disueltos y en suspensión que afectan fuertemente los valores de sólidos totales (ST) y de pH (por fermentación) pero en menor cantidad a la conductividad (C), que depende mayoritariamente del contenido salino.

En cambio, los sólidos inorgánicos de los efluentes provienen mayoritariamente del agua usada en la industria para su funcionamiento (generalmente subterránea), con modificación de los contenidos de sodio, potasio y/o cloruros por utilización de soda cáustica (o hidróxido de potasio en su reemplazo) y/o de sal en los procesos de elaboración. Así, los valores de dureza (calcio + magnesio) y de sulfatos son similares a los encontrados en la provisión de agua. La alcalinidad, que en el agua de uso industrial está formada casi exclusivamente por bicarbonatos, tiende a disminuir en el efluente por descenso marcado del pH o a incrementarse cuando se corrigen pH demasiado alcalinos por agregado de dióxido de carbono.

El contenido de sólidos sedimentables es muy variable, con un 15% de muestras sin sedimentos y un 20% de las mismas con valores que varían de altos (10 a 50 ml/L) a

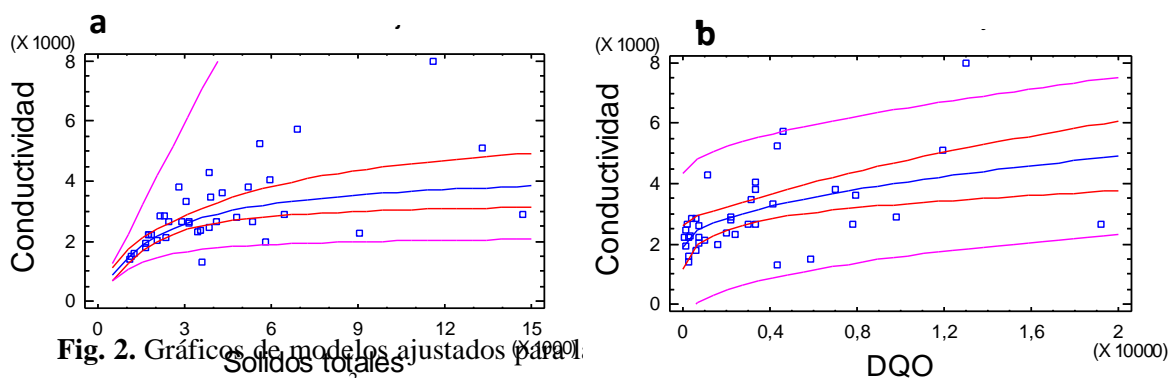
muy altos (>50 ml/L). Estos sólidos incrementan fuertemente los valores de DQO, a la vez que tienden a disminuir el pH por fermentación, ya que son altamente putrescibles.



**Fig. 1.** Variación de pH, conductividad, sólidos totales y DQO en las diferentes muestras.

Aunque el análisis de los datos muestra una correlación estadísticamente significativa a  $p = 0,01$  de la conductividad con los sólidos totales y con la DQO, en el gráfico de la fig. 1 aparece claramente visible la falta de homogeneidad de dichas relaciones. También se observa la falta de correlación de los valores de pH con los de las restantes variables, lo cual resulta de interés dado que los índices de agresividad a las diferentes temperaturas dependen del pH del agua. Más de la mitad de las muestras (56%) presentan  $\text{pH} < 5,5$ , por lo que no pueden utilizarse para riego o vertido a cauces sin tratamiento previo.

La fig. 2 muestra los modelos ajustados para las correlaciones indicadas entre la conductividad y los sólidos totales y la DQO. En el primer caso, el mayor ajuste, con  $R^2 = 0,48$  se obtuvo con el modelo doble recíproco o inverso donde  $C = 1/(0,000229214 + 0,472672/\text{ST})$ . En el segundo, el mayor ajuste lo provee el modelo raíz cuadrada-X:  $C = 1886,64 + 21,3858 * (\text{DQO})^{0,5}$ , con  $R^2 = 0,27$ . En ambos casos los valores de los coeficientes de determinación  $R^2$  muestran que ambas variables explican sólo porcentajes muy bajos de la variabilidad observada en la conductividad de los efluentes.

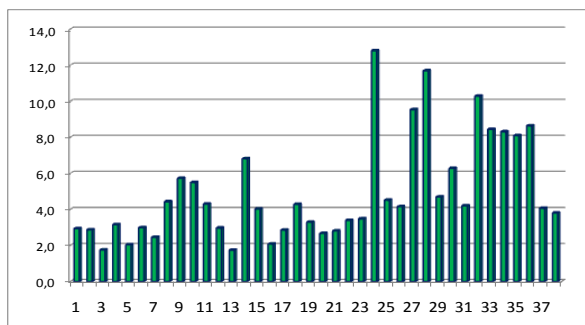


**Fig. 2.** Gráficos de modelos ajustados para sólidos totales (a), con  $R^2 = 0,48$  y a la DQO (b) con  $R^2 = 0,27$

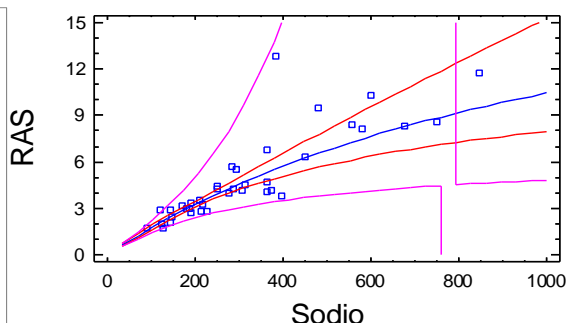


### Aptitud de los efluentes para uso en riego.

La fig. 3 muestra los valores de RAS de las diferentes muestras analizadas y la fig. 4 el modelo de mejor ajuste ( $R^2 = 0,84$ ) para la correlación RAS y contenido de sodio.

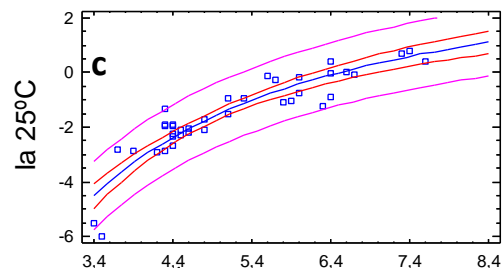
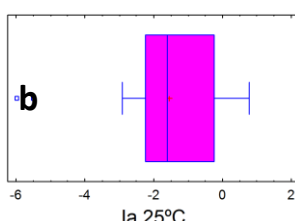
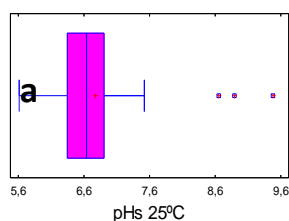


**Fig. 3.** Variabilidad de Índices de Agresividad de Langelier de las muestras, a 25°C.



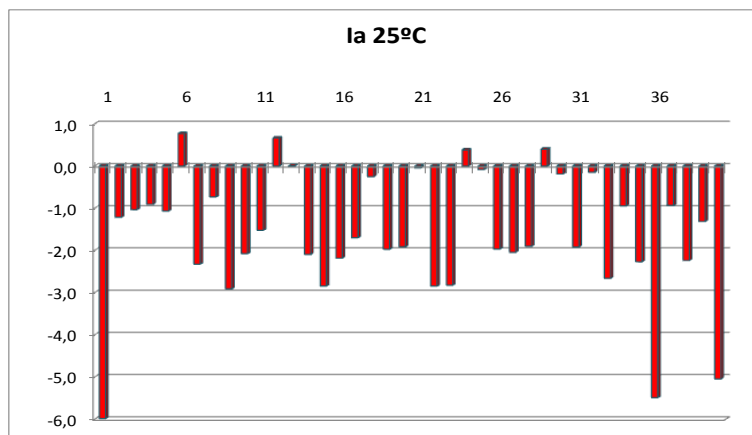
**Fig. 4.** Modelo doble recíproco o inverso, de mejor ajuste ( $R^2 = 0,84$ ) para la correlación de RAS y sodio, expresado

Estos valores de RAS muestran que en la mayoría de los casos los efluentes frutihortícolas y vitivinícolas podrían ser aptos para riego, presentando peligros de alcalinización medios, según el contenido salino total del agua ( $RAS \leq 6$ ). Aproximadamente el 25% de las muestras presenta peligros mayores, aunque no en todos los casos valores más altos de RAS corresponden a mayor contenido de sodio, sino al escaso contenido de calcio y magnesio del efluente. Una muestra de efluente de industria olivícola, no incluida en los datos de tabla 1, muestra una  $RAS > 60$ , con muy alto contenido de sales disueltas, lo que lo torna totalmente inapto para riego, con altísimo peligro de salinización y alcalinización en cualquier tipo de suelos.



**Fig. 5.** Variabilidad del pH de saturación (pHs) a 25°C (a) y el Índice de agresividad a 25°C (b) y Modelo recíproco en X, (c) de mejor ajuste ( $R^2 = 0,85$ ) para la correlación del Índice de agresividad a 25°C y el pH, expresado como

$$Ia\ 25^{\circ}C = 4,9192 - 32,0742/pH$$



**Fig. 6.** Variabilidad de Índices de Agresividad de Langelier de las muestras, a 25°C.

Como se observa en la fig. 5a, el pH de saturación de los efluentes, obtenido por cálculo para una temperatura de 25°C, muestra una variabilidad influenciada principalmente por los puntos outliers que aparecen en muestras donde la alcalinidad es nula debido a que presentan  $\text{pH} \leq 3,5$ . En las figs. 5b y 5c se grafican tanto la variabilidad de los Índices de agresividad como el modelo de mayor ajuste de correlación de los mismos con el pH del efluente, este último con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,85$ .

En la fig. 6 se muestran los valores de los índices de agresividad para cada muestra, con sólo el 10% de las mismas con valores positivos (aguas incrustantes), el 5% inertes, otro 10% débilmente corrosivas y las restantes altamente agresivas corrosivas.

A pesar de que las aguas naturales utilizadas por las industrias tienen carácter fuertemente incrustante (Balanza et al., 2012), el uso en los procesos afecta su agresividad, requiriendo corrección del pH. Dicha corrección requiere el estudio de cada caso en particular para evitar la desaparición de especies que modifiquen sensiblemente el pHs, con el consiguiente riesgo de aparición de una corrosividad importante.

### Conclusiones

A pesar de que las agroindustrias utilizan para su funcionamiento aguas de características incrustantes, sus efluentes, por el contenido de materia orgánica (disuelta o en suspensión) incorporada resultan altamente agresivos corrosivos, requiriendo tecnologías de corrección específicas para cada caso en particular, con monitoreo permanente.

En cuanto a los contenidos salinos, si bien en muchos casos no se modifican significativamente, las industrias que utilizan álcalis o sal como insumos en sus procesos, deberían disponer de separación en la evacuación (y tratamiento) del agua con elevados contenidos de sodio y cloruros, a fin de permitir el aprovechamiento del resto de los efluentes para riego, evitando peligros de salinización y alcalinización de suelos.

### Bibliografía

APHA-AWWA-WPCF. Methods for the examination of water. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington. (1995)

Balanza, M.E.; Ordóñez, A.L., Sánchez, A.M., Santibáñez, M.E., González, V.N. Agresividad del agua natural del sur de la provincia de Mendoza según el método de cálculo. Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Clicap 2012. CD ISBN 978-987-575-106-4 (2012)

Barceló, I.D., Allende, I., Solís, H.E., Bussy, A.L., Gonzalez, C. Determinación del estado de equilibrio de un sistema hídrico. Journal of the Mexican Chemical Society. Vol 46 Num 2, 93-104 (2002).

Birnhack, L. et al., Fundamental chemistry and engineering aspects of post-treatment processes for desalinated water—A review, Desalination (2010), doi:10.1016/j.desal.2010.11.011

Catalán Lafuente, J. Química del agua. 2º edición. Editorial Bellisco, Madrid, España (1990)

Langelier, W.F. J. Am. Wat. Works Ass.,(AWWA) 28, pp. 1500-1521. (1936)

Rodier, J.:*Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar*. Ed. Omega S.A.121-130 (1998).

Villar Alvarado, M.J.; Tesis de grado Ingeniería Química, Determinación cuantitativa de la agresividad y dureza total del agua subterránea de uso industrial, en el área metropolitana de Guatemala (Región I), a través del índice de Langelier considerando iones ajenos al sistema carbonato. Universidad de San Carlos de Guatemala (2008)

# **14TCAm - APLICACIÓN DE GEOTECNOLOGIAS PARA LA DELIMITACION Y ANALISIS DE FUENTES DE ARENA EN EL VALLE DEL BERMEJO.**

**SORIA, M.V; ARROQUI, A.; VARELA, S.I.; PUERTAS, M.C. y ROMERO, M.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Avda Libertador Gral. San Martín 1109 (oeste) – (5400) San Juan, Argentina  
E-mail: valentina@unsj.edu.ar**

## **RESUMEN**

El crecimiento de la economía de los países y la creciente demanda de bienes y servicios de sus habitantes, incide directamente en una creciente demanda y consumo de minerales industriales. Entre estos minerales el cuarzo, es un mineral industrial de primera magnitud, que tiene una gran variedad de aplicaciones: en la industria del vidrio, de la construcción, de la pintura, entre otros usos. Este mineral compuesto por dióxido de silicio, o sílice,  $\text{SiO}_2$ , es el mineral más abundante, distribuido por todo el mundo.

El departamento Jáchal en general y la localidad de Huaco en particular se encuentran atravesando importantes cambios en su territorio y en su economía, a partir de la construcción de la ruta nacional 150, perteneciente al tramo central de corredor Bioceánico.

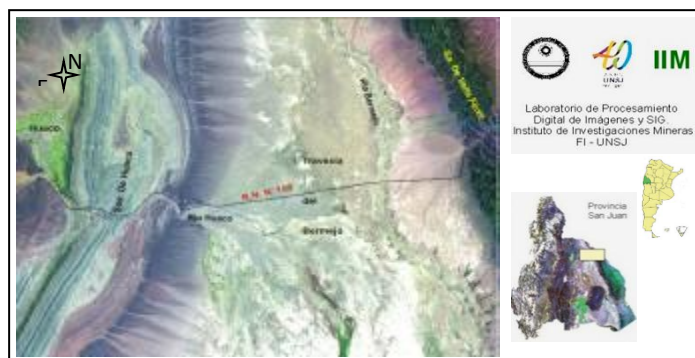
En el presente trabajo se muestran las técnicas de procesamiento digital y análisis de datos extraídos de imágenes de satélite, como técnica de exploración para identificar depósitos de arena de origen eólico y fluvial, a los efectos de evaluar su potencial como materia prima en diversos usos de carácter industrial.

La exploración de la información contenida en las imágenes satelitales se efectuó con software ENVI 4.5, mientras que la organización de ésta y la elaboración de la cartografía base y la manipulación de la información se realizó con el software Arc View 3.3.

Las técnicas de procesamiento digital y el empleo de estas imágenes resultaron aptas para el objetivo planteado y como técnicas de exploración regional. Por su resolución espacial y espectral, estas imágenes muy utilizadas en estudios geológicos exhaustivos, permitiendo la discriminación litológica, visualización de estructuras geológicas y la identificación de minerales específicos tales como el cuarzo, ya que se puede tener una información clara de la respuesta espectral de los mismos. Se han identificado a través de los estudios espectrales áreas de interés como “target” de exploración en campaña

## **1. Introducción**

El departamento Jáchal en general y la localidad de Huaco en particular se encuentran atravesando importantes cambios en su territorio y en su economía, a partir de la construcción de la Ruta Nacional 150, perteneciente al tramo central de Corredor Bioceánico, que unirá los puertos de Brasil y Chile. Parte de este crecimiento está dado por la demanda de minerales industriales. Se seleccionó un sector, al Este de la localidad de Huaco, en el Valle de Bermejo (Figura 1) para poner en práctica la metodología propuesta en este trabajo para la exploración de depósitos de arenas cuarzosas. El acceso a la zona de estudio se puede realizar por la Ruta Nacional N° 40 y por la Ruta Nacional N° 150, último tramo del Corredor Bioceánico Central.



**FIGURA 1.** Ubicación general del área de estudio

## 2. Objetivos

Este trabajo tiene por objeto el estudio y análisis de los depósitos de arenas en el área de estudio a fin de evaluar su potencial como materia prima en diversos usos de carácter industrial.

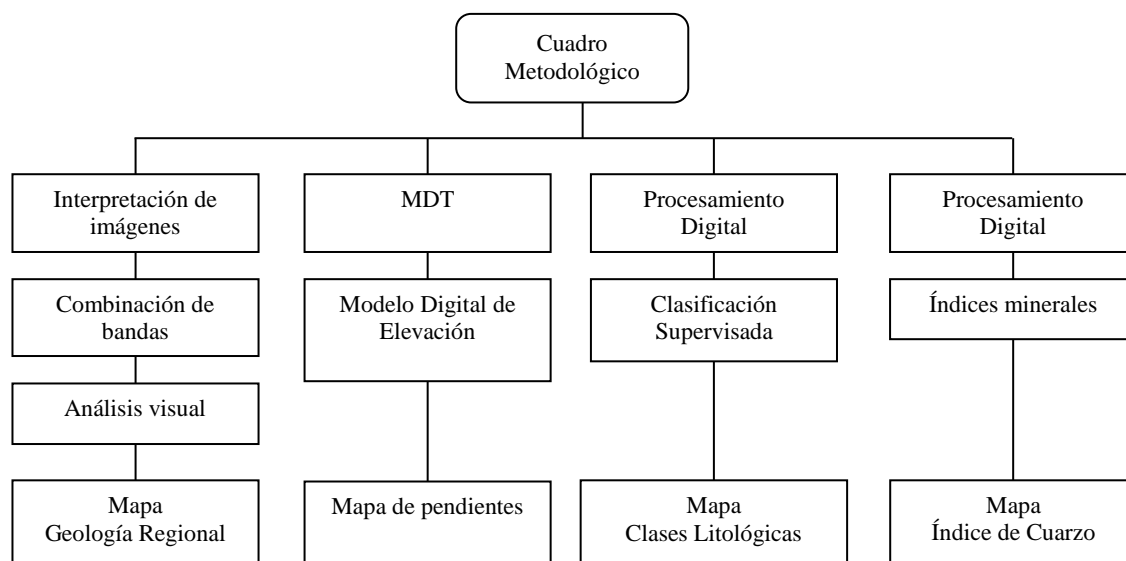
## 3. Materiales y Métodos

Se utilizaron dos tipos de imágenes:

- Sensor ASTER, con fecha de 21-12-2000. La utilización de estas imágenes es muy eficiente en el caso de la identificación de minerales, ya que se puede tener una información clara de la respuesta espectral de los mismos sobre todo en el rango del SWIR y TIR, donde la presencia de componentes de cuarzo presenta curvas espectrales típicas.
- Landsat 5 TM con fecha 2005, con el cual se efectuaron clasificaciones digitales (supervisada y no supervisada) a los efectos de delimitar los depósitos sedimentarios y sus áreas de aporte.

La exploración de la información contenida en las imágenes satelitales se efectuó con software ENVI 4.5, mientras que el manejo y administración de la información geoespacial para la elaboración de la cartografía temática se realizó con el software Arc View 3.3.

El siguiente diagrama muestra los pasos metodológicos que permitieron identificar y mapear los diferentes depósitos de arena en el área de estudio con presencia de algún mineral de interés.

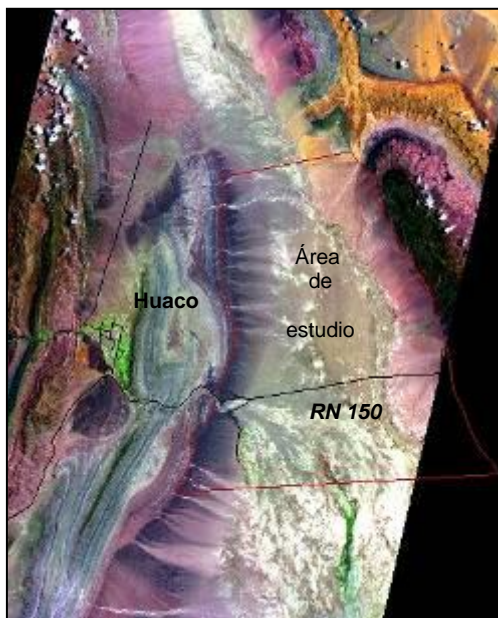


**FIGURA 2.**Diagrama Metodológico.

## 4. Resultados

### 4.1 Análisis visual

Se eligió una combinación de bandas RGB: 431 (sensor ASTER), que presentó una muy buena identificación y diferenciación de las diversas coberturas identificadas en el área de estudio (figura 2).



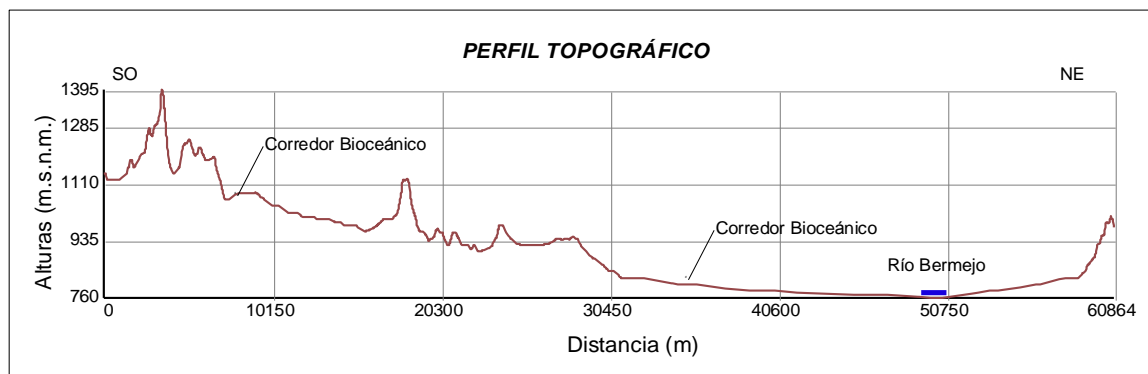
**FIGURA 3.**Ubicación del área de estudio. Imagen ASTER, RGB:431

Esta combinación permitió diferencia las unidades de terreno presentes en el área. El valle de Bermejo, ubicado en el departamento de Jáchal, provincia de San Juan, es un valle tectónico. Las características geomorfológicas del área están definidas por la coalescencia de conos y abanicos aluviales que conforman las bajadas pedemontanas, que se desarrollan al pie de los cordones serranos que bordea por el este y oeste al valle.

Los cordones del este, pertenecen a la unidad morfoestructural de Sierras Pampeanas Noroccidentales, integrados principalmente por rocas metamórficas e ígneas asignadas al Precámbrico. Las unidades orográficas que limitan al valle por el oeste, pertenecen a la provincia geológica de Precordillera Oriental, representada en la zona la sierra de Huaco, unidad conformada por rocas sedimentarias del terciario.

#### 4.2 Modelo Digital de Elevación

El modelo digital de elevación (MDE) muestra la distribución de las alturas. El perfil topográfico obtenido, ejemplifica claramente la variabilidad del relieve sobre el que estará emplazada la ruta que conformará el Corredor Bioceánico. Hacia el oeste se pueden encontrar los sectores montañosos de Precordillera con alturas de 1300 m y pendientes del 30%, pasando por piedemontes bien desarrollados con pendientes que varían entre el 3% y el 5%. La presencia de la Travesía del Bermejo proporciona condiciones particulares a éste territorio, presentando bajos con pendiente nula. Por último el ascenso abrupto hacia la Sierra de Valle Fértil presenta pendientes que superan el 20% (Figura 4).



**FIGURA 4.** Perfil topográfico de la zona

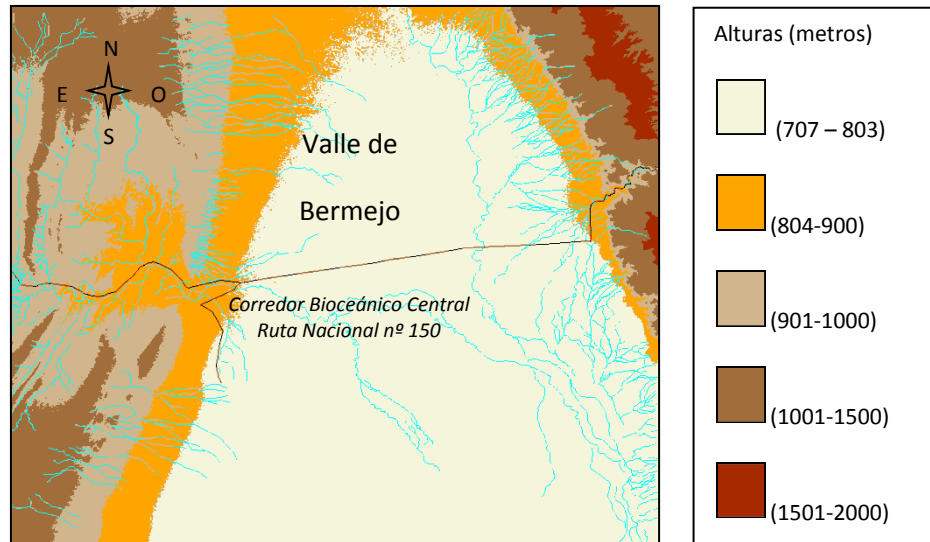
Es importante destacar que la pendiente está estrechamente relacionada con procesos de génesis y dinámica del paisaje. Por lo tanto es un producto de la erosión provocada por procesos gravitacionales o por escorrentía superficial y por ello como factor predictivo en los modelos de erosión es fundamental. Las zonas con mayor impacto de la variable pendiente por vertientes escarpadas asociadas a pliegues en Precordillera (oeste) y a rocas metamórficas en Sierras Pampeanas (este).

El modelo de elevación también permitió analizar en profundidad la red de drenaje que define claramente las estructuras del relieve (Figura 4). Una de las características más relevantes del área en estudio es su diversidad en tipos de redes de drenaje, lo que está directamente relacionado con las características estructurales y litológicas de las diversas formas que componen el relieve y las áreas de aportes para el análisis sedimentológico.

La cuenca superior del Río Huaco corresponde a rocas duras, con elevados niveles de escorrentía superficial, roca madre impermeable y suelos de baja permeabilidad. Corresponde a una cuenca con textura fina, densa, con diseño dendrítico-rectangular.

La ruta que corresponde al Corredor Bioceánico atraviesa la cuenca inferior del Río Huaco, específicamente sobre el área de lomadas. En esta zona se observa una red de drenaje paralela, al sur y rectangular hacia el norte. La red de drenaje paralela, indica zonas homogéneas, de pendientes uniformes y suaves en las que las corrientes

principales reflejan fallas o fracturas con rumbo este – oeste. En el caso de la rectangular, los tributarios se juntan con las corrientes principales en ángulos casi rectos mostrando un control estructural debido a la estratificación norte – sur de las rocas presentes y por las fracturas y las juntas este – oeste.

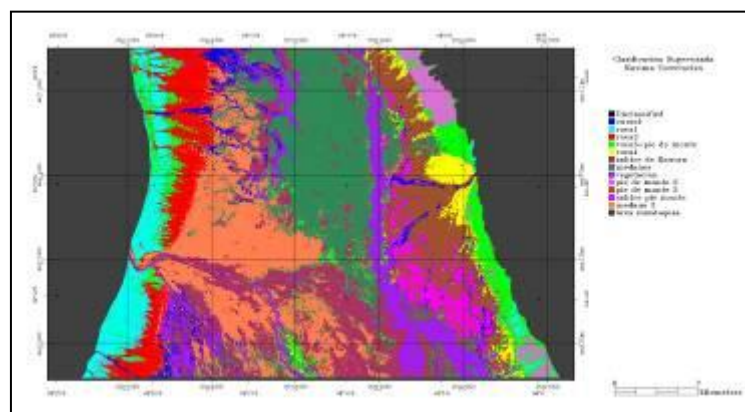


**FIGURA 5.** Modelos Digitales de Elevación y Red Hidrográfica

## 5. Procesamiento Digital

### 5.1 Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada por el método de máxima correlación permitió la diferenciación litológica del área de estudio que corresponde al valle del Bermejo. Como resultado de la clasificación se obtuvieron 12 clases correspondientes a distintas unidades de terreno (Figura 6)



**FIGURA 6.** Clasificación supervisada rocas sedimentarias

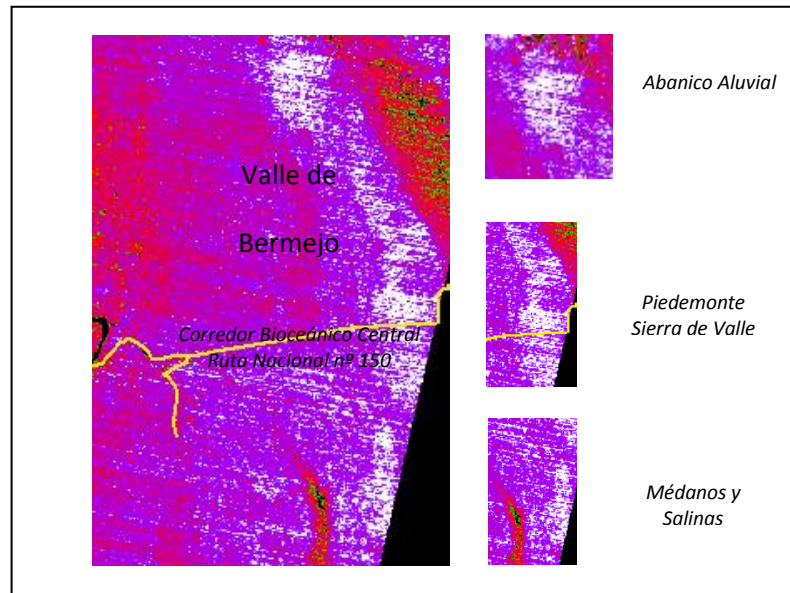
### 5.2 Determinación índices minerales

La diferenciación litológica ayudó a la discriminación de zonas potenciales con presencia de arenas. La utilización de índices minerales permitió identificar la presencia de algunos minerales en las clases litológicas obtenidas anteriormente.



Este procedimiento permite observar el comportamiento espectral de las rocas con contenido de cuarzo. Se utilizó el Índice de cuarzo propuesto por Ninomiya, 2002 (Marqueti, 2005:36). Este índice está representado por la fórmula (1):

$$\text{Índice de Cuarzo} = QI = E11 * E11 / E10 * E12 \quad (1)$$



**FIGURA 7.** Imagen con índice de cuarzo. Zonas potenciales

La aplicación de una paleta de colores permitió diferenciar con claridad las zonas con presencia de cuarzo, en colores blanquecinos (Figura 7). Los mayores aportes están vinculados a la Sierra de Valle Fértil – La Huerta, lo que permite diferenciar bancos de areniscas silíceas.

## 6. Conclusiones

Las técnicas de procesamiento digital de imágenes resultaron aptas para el objetivo planteado y como técnicas de exploración regional.

La combinación de bandas RGB: 431 (sensor ASTER) ha sido seleccionada por el mayor contraste visual del área de estudio.

La técnica de clasificación supervisada, por el método de máxima correlación, ha permitido la diferenciación de 12 unidades de terreno en el área de estudio. Dos unidades corresponden a áreas de médanos con acumulación potencial de arenas de interés, las que serán objeto de tareas de exploración en campaña.

La aplicación de la técnica de Índice de cuarzo ha permitido identificar concentraciones de cuarzo en algunas unidades. Estas áreas sirven de Target de exploración en campaña. El área de aporte más significativo de arenas de cuarzosas provienen de las rocas metamórficas e ígneas de la Sierra de Valle Fértil y la concentración sedimentaria corresponde a acumulaciones de origen eólico.

## 7. Bibliografía

Barreda Cano, J. I. y Bosque Sendra, J. (1996). *Delimitación de Unidades Homogéneas del Relieve a partir de un Modelo Digital de Elevaciones*. Estudios Geográficos 225, 615 - 643.

Felicísimo, Ángel Manuel. 1999. Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Disponible en: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>

Marqueti, Cintia (2005). Metodología y análisis de imágenes ASTER para la exploración mineral en un sector de la Cordillera de Colangüil, San Juan, Argentina. En: *Contribuciones Técnicas. Proyecto Geosat-AR*. Anales N° 41, SEGEMAR-JICA, Buenos Aires.

## **15TCAm - PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR LODOS ACTIVADOS A PARTIR DE SUERO DE QUESO**

**ALZATE MARIN, J. C.<sup>1</sup>; CARAVELLI A. H.<sup>1</sup>; ZARITZKY N. E.<sup>1,2</sup>**

**1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA).  
CCT – La Plata – CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116  
(B1900AJJ). La Plata, Argentina.**

**E-mail: [ing.juankal@yahoo.es](mailto:ing.juankal@yahoo.es) (Alzate Marin, J. C.)**

**2. Facultad de Ingeniería, UNLP, 48 y 115 (B1900AJJ) La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

Los polihidroxialcanoatos (PHA) constituyen una buena alternativa para reemplazar a los plásticos convencionales de origen petroquímico. Los PHAs son biopolíesteres sintetizados por bacterias como reserva intracelular de carbono y energía. La producción industrial de PHA se basa en el uso de cultivos puros bajo condiciones de esterilidad y fuentes de carbono puras. El uso de cultivos mixtos, como el caso de lodos activados, y el de efluentes ricos en carbono permiten reducir los costos de producción. La producción de este biopolímero usando cultivos mixtos y efluentes ricos en carbohidratos requiere 3 etapas: fermentación, selección de microorganismos y producción. La selección es comúnmente realizada en un reactor discontinuo secuencial (SBR, sequencing batch reactor), alternando disponibilidad y limitación de carbono. La producción de PHA se realiza en batch o batch alimentado, con limitación en algún nutriente.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la factibilidad de producción de PHA (escala laboratorio) por lodos activados alimentados con suero de queso, utilizando únicamente 2 etapas: selección y producción. La selección se realizó en un SBR aeróbico y la producción de PHA en batch aeróbico limitado en nitrógeno y fósforo. El PHA fue detectado por tinción con Sudan Black y FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy). Se determinó la máxima acumulación de PHA del cultivo batch mediante tinción con Sudan Black acoplada a análisis de imágenes. Esta técnica permitió determinar el punto final del sistema de producción de PHA, prescindiendo de la extracción química del polímero. Se secó la biomasa obtenida en la etapa de producción. Se extrajo el PHA con cloroformo y se precipitó con etanol. El rendimiento resultó 13,2 % (gPHA/gST) con pureza de 95,4%. El PHA correspondió al co-polímero P(HB-HV, Hidroxibutirato-Hidroxivalerato) con relación molar % HB:HV: 95,4:4,6, determinada por espectrofotometría UV. Es conocido que el co-polímero P(HB-HV) se vuelve más flexible y más resistente a medida que aumenta la fracción de HV. Se sugiere realizar estudios adicionales, combinando efluentes lácteos con aquellos derivados de otras industrias, a fin de obtener un polímero con mayor contenido de HV y en consecuencia con mejores propiedades mecánicas.

## 1. Introducción

Los polihidroxialcanoatos (PHA) constituyen una buena alternativa para reemplazar a los plásticos convencionales de origen petroquímico pues presentan propiedades físicas similares a las de compuestos termoplásticos y elastómeros (Cavalheiro et al., 2009). Además, los PHAs son compuestos derivados de recursos renovables, no tóxicos, biocompatibles y biodegradables (Steinbüchel, 2001). Los PHAs son biopolíesteres sintetizados por bacterias como reserva intracelular de carbono y energía. La producción industrial de PHA se basa principalmente en el uso de cultivos puros bajo condiciones de esterilidad y empleo de fuentes de carbono puras (Serafim et al., 2008). El uso de cultivos mixtos, como el caso de lodos activados, y de efluentes ricos en carbono permiten reducir los costos de producción de PHA (Dai et al., 2007). La industria láctea, entre otras, genera aguas residuales con alto contenido de carbono. Sin embargo, no se recomienda la producción directa de PHA a partir de efluentes ricos en carbohidratos utilizando cultivos mixtos (Moralejo-Gárate et al., 2011). Al respecto, la mayoría de los estudios implementa un primer paso de fermentación, a fin de convertir los carbohidratos en ácidos grasos volátiles (AGVs), los cuales son posteriormente utilizados en la producción de PHA (Serafim et al., 2008). La síntesis de PHA es favorecida bajo condiciones alternantes de disponibilidad (“feast”) y limitación (“famine”) de carbono. Estas condiciones son logradas en reactores operados con una secuencia temporal de diferentes fases (alimentación, reacción, sedimentación y purga), denominado reactor discontinuo secuencial o reactor batch secuencial (SBR, sequencing batch reactor) (Dias et al., 2006). El proceso de producción de PHA utilizando cultivos mixtos requiere 2 o 3 etapas dependiendo del tipo de sustrato usado como materia prima. Para el caso de ácidos orgánicos se requiere una etapa de selección de microorganismos con capacidad de producir PHA seguida de una etapa de acumulación de PHA (Serafim et al., 2008). La etapa de enriquecimiento se lleva a cabo comúnmente en un SBR bajo condiciones “feast/famine”. La etapa de acumulación de PHA se realiza en un reactor batch o batch alimentado, usando la biomasa seleccionada en la fase previa (Serafim et al., 2008). Cuando se emplean sustratos ricos en carbohidratos se requiere una etapa anaeróbica fermentativa previa, como se indicó anteriormente, implicando un proceso de 3 etapas (Albuquerque et al., 2007). La cuantificación de PHA y de sus monómeros se realiza comúnmente por cromatografía gaseosa (CG) (Serafim et al., 2002). Un método alternativo permite determinar la concentración de PHA y de los monómeros hidroxibutirato (HB) e hidroxivalerato (HV) por espectrofotometría UV (Venkateswar Reddy et al., 2012). Debe destacarse que las propiedades mecánicas del PHA dependen de la relación de las unidades monoméricas (Zhu et al., 2013), por lo tanto resulta de gran interés determinar la composición del PHA. Sin embargo, los métodos mencionados (CG y UV) requieren la extracción del polímero mediante digestión química de la biomasa, implicando el uso de solventes, largos tiempos de tratamiento y la generación de residuos peligrosos. Por lo tanto resulta interesante la aplicación de otras técnicas. Al respecto, han sido propuestos métodos no destructivos y más simples para la detección y/o cuantificación de PHA. La tinción con Sudan Black ha permitido la detección de cepas productoras de PHA (Chen et al., 2012). La espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR, Fourier transform infrared spectroscopy) es comúnmente utilizada para la detección de PHA (Amulya et al., 2014).

## 2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la factibilidad de producción de PHA (escala laboratorio) utilizando lodos activados alimentados con suero de queso, utilizando únicamente 2 etapas: selección de microorganismos (SBR) y producción (Batch). Como objetivos específicos se propone: a) Detectar el PHA en los cultivos por tinción con Sudan Black y FTIR, b) Monitorear la acumulación de PHA del reactor batch por análisis de imágenes, c) Extraer el PHA de la biomasa con cloroformo y determinar el rendimiento, pureza y composición monomérica del polímero.

## 3. Metodología

### 3.1 Medios de cultivo y reactores

*Etapas de selección del cultivo mixto:* Se empleó un SBR (2 L.) operado en forma aeróbica y alimentado con suero de queso. El medio de cultivo presentó la siguiente composición expresada en demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno (N) y fósforo (P): 4095 mgDQO/L, 409 mgN/L y 204 mgP/L. El SBR fue operado con una secuencia temporal de diferentes fases: reacción, sedimentación y purga del sobrenadante. Se utilizaron ciclos de 84 hs y un tiempo de residencia celular de 10 días. Se evaluó la estabilidad del SBR mediante la determinación de los siguientes parámetros físico-químicos a lo largo de diferentes ciclos: ortofosfato ( $\text{PO}_4\text{-P}$ , mgP/L), amonio ( $\text{NH}_3\text{-N}$ , mgN/L), sustrato orgánico como DQO soluble ( $\text{DQO}_\text{S}$ , mg/L) y concentración de biomasa determinada como DQO ( $\text{DQO}_\text{B}$ , mg/L).  $\text{DQO}_\text{B}$  correspondió a la diferencia entre DQO total ( $\text{DQO}_\text{T}$ ) y  $\text{DQO}_\text{S}$ . Esta etapa es necesaria para la selección de un cultivo mixto con capacidad de producción de PHA.

*Etapas de producción de PHA:* Se empleó un reactor batch aeróbico (1 L) inoculado con la biomasa procedente del SBR. El medio de cultivo contenía suero de queso, con concentraciones de N y P 20 veces inferiores a las utilizadas en la etapa de selección. Se determinaron los siguientes parámetros físico-químicos a lo largo del cultivo:  $\text{DQO}_\text{S}$  (mg/L);  $\text{DQO}_\text{T}$  (mg/L) y  $\text{DQO}_\text{B}$  (mg/L). La síntesis de PHA se detectó por tinción con Sudan Black y FTIR. La acumulación de PHA se monitoreó por tinción con Sudan Black acoplada a análisis de imágenes microscópicas. El rendimiento, pureza y composición monomérica del polímero (HB/HV) se determinó mediante espectrofotometría UV

### 3.2 Análisis de parámetros físico-químicos

Las concentraciones de ortofosfato, nitrógeno amoniacal y DQO fueron determinadas por espectrofotometría. Para determinar  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  y  $\text{DQO}_\text{S}$  se centrifugaron 35 mL del cultivo y se filtró el sobrenadante con membranas (0,45  $\mu\text{m}$ ). La concentración de  $\text{PO}_4\text{-P}$  fue determinada luego de reaccionar con vanadato-molibdato (Método Hach N° 8114). Nitrógeno amoniacal fue medido por el método de Nessler (Método Hach N° 8038).

### 3.3 Detección, cuantificación y composición del PHA

Los gránulos intracelulares de PHA del SBR y batch fueron detectados por tinción con Sudan Black y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).

En el reactor batch, a diferentes tiempos de cultivo, se determinó la acumulación de PHA ( $A_{PHA}$ ) en los lodos activados mediante el análisis de imágenes microscópicas. Se tomaron dos muestras y se procedió a la tinción de los preparados microscópicos con Sudan Black. Los preparados fueron observados por microscopía de contraste de fases (1000X) usando un microscopio Leica con cámara fotográfica. Para cada preparado microscópico, se tomaban 10-20 microfotografías. Las imágenes microscópicas fueron analizadas con el software Image-Pro Plus 6.0. Se determinó el área ocupada por los gránulos intracelulares de PHA de los flóculos de lodos activados ( $A_G$ ,  $\mu m^2$ ), el área total de dichos flóculos ( $A_T$ ,  $\mu m^2$ ) y su relación  $A_{PHA} = A_G/A_T$ .

Los espectros IR del polímero fueron obtenidos utilizando un espectrómetro Perkin–Elmer Spectrum One (Perkin–Elmer Inc., Boston, MA, USA). Se tomaron muestras a 0 y 48 hs del reactor batch de producción. Una vez alcanzada la máxima producción de PHA determinada por análisis de imágenes se procedió a la extracción del polímero siguiendo los siguientes pasos:

- 1- Secado de la biomasa en estufa de vacío hasta peso constante (gST/L).
- 2- Extracción del polímero con cloroformo.
- 3- Eliminación de los restos celulares por filtración.
- 4- Eliminación del solvente a temp. ambiente y estufa de vacío hasta peso constante.
- 5- Determinación de peso seco, concentración y composición de PHA.
- 6- Disolución del material extraído (extracto) en cloroformo.
- 7- Precipitación del polímero con etanol y eliminación del sobrenadante.
- 8- Secado del polímero en estufa de vacío hasta peso constante.
- 9- Determinación de peso seco, concentración y composición de PHA.

Se determinó el rendimiento, pureza y composición monomérica del PHA para las diferentes etapas del proceso de recuperación del polímero: extracción y precipitación. La composición monomérica del PHA (HB y HV) se determinó por espectrofotometría UV. El contenido de PHA de las muestras se determinó a partir de la suma de HB y HV. El rendimiento para las dos etapas se determinó a partir del cociente entre la cantidad de PHA y la biomasa seca y se expresó en forma porcentual ( $100 \cdot gPHA/gST$ ). La pureza del biopolímero correspondió al cociente entre el contenido de PHA y el material obtenido en las dos etapas del proceso de recuperación.

## 4. Resultados

### 4.1 Reactor batch secuencial (SBR)

El SBR presentó un típico ciclo Feast/Famine. En la primera fase (Feast, 24 hs) se produjo el consumo total de la fuente de carbono externa. Asociado al consumo de sustrato se observó un incremento gradual de la biomasa microbiana, alcanzando una concentración que duplicó el valor medido al inicio del ciclo. Durante el tiempo restante del ciclo (fase “Famine”), la concentración de biomasa decayó ligeramente (Figura 1).

El decaimiento de la biomasa puso de manifiesto la ocurrencia de fenómenos de mantenimiento celular a expensas del consumo de sustancias de reserva intracelular.

Se observó la acumulación de PHA, por tinción y observación microscópica, durante la fase “Feast” de los ciclos del SBR. De esta manera, pudo afirmarse que el aumento de biomasa determinado mediante DQO fue atribuido no solamente al crecimiento o multiplicación celular sino también a la síntesis y almacenamiento de PHA.

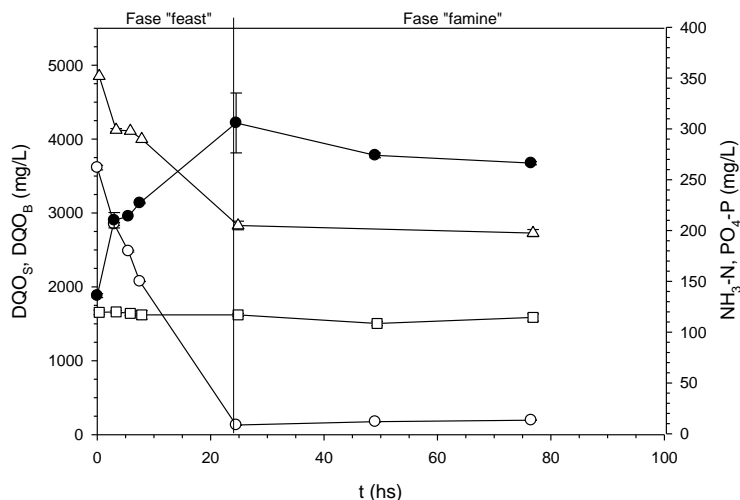


Figura 1. Parámetros químicos de un ciclo de operación del SBR. (○) DQO soluble (DQO<sub>s</sub>, mg/L); (●) DQO de biomasa (DQO<sub>B</sub>, mg/L); (Δ) Nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>, mg/L); (□) Ortofosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, mg/L). Desvío estándar indicado por barras verticales.

#### 4.2 Reactor discontinuo: Detección de PHA por tinción con Sudan Black y FT-IR. Cuantificación por análisis de imágenes.

En el reactor batch se observó la acumulación de PHA por tinción con Sudan Black y observación microscópica. En la Figura 2 se presentan los espectros de absorción FT-IR al inicio y final del cultivo batch. Ambas curvas presentan un pico a una longitud de onda de 1736 cm<sup>-1</sup> correspondiente a la vibración del grupo funcional éster C=O del PHA. Se puede observar que la altura del pico fue mayor a 48 hs de cultivo, asociado a un mayor contenido de PHA, respecto al inicio del proceso batch. Este resultado se atribuyó a la síntesis y acumulación de PHA durante el cultivo. La técnica espectroscópica permitió confirmar la presencia de PHA intracelular detectada por tinción con Sudan Black.

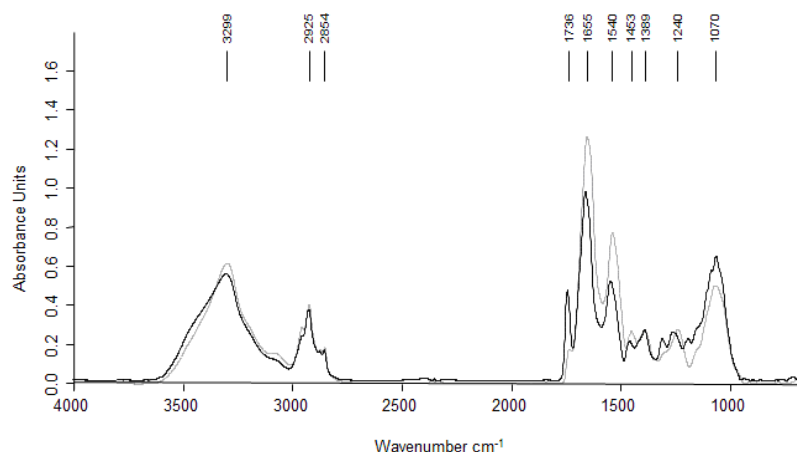


Figura 2. Espectros FT-IR a diferentes tiempos de operación del reactor batch. Línea color gris: T= 0 hs. Línea color negro: T= 48 hs.

Se requirieron aproximadamente 48 hs para la remoción del 90% del sustrato orgánico inicial. La concentración de biomasa aumentó hasta las 24 hs de cultivo; posteriormente el consumo de sustrato no implicó un incremento significativo de biomasa. A las 24 hs de cultivo se determinó una acumulación de PHA ( $A_{PHA}$ ) de  $30,0 \pm 7,7$  mediante análisis de imágenes. Luego de 48 hs se determinó un valor máximo de  $A_{PHA}$  de  $37,8 \pm 12,8$  el cual no fue significativamente diferente del valor estimado a las 24 hs. Este nivel de acumulación implicó un incremento de 5,5 veces respecto del contenido de PHA medido al inicio del batch.

#### 4.3 Cuantificación y caracterización del PHA por espectrofotometría UV

Una vez que se alcanzó la máxima acumulación del polímero, se extrajo la biomasa del reactor batch. La misma fue secada y se extrajo el PHA con cloroformo. El rendimiento del polímero extraído resultó: 16,5 % (gPHA/gST). La pureza obtenida fue 86,4%. Luego de la etapa de precipitación se logró un grado de pureza de 95,4%; no obstante, el rendimiento se redujo hasta 13,2 % (gPHA/gST). El PHA correspondió al co-polímero P(HB-HV): 95,4% de HB y 4,6% de HV (mol:mol), según se determinó por espectrofotometría UV. Es conocido que la incorporación de otros monómeros diferentes al HB en los co-polímeros de PHA incrementa su flexibilidad y aplicabilidad. Particularmente, el co-polímero P(HB-HV) se vuelve más flexible y más resistente a medida que la fracción molar de 3HV aumenta (Zhu et al., 2013). Sobre la base de este análisis, resulta interesante realizar estudios adicionales a fin de incrementar el contenido de HV del co-polímero. Para ello, una buena estrategia podría basarse en la combinación de efluentes lácteos con aquellos derivados de otras industrias. Además, resulta interesante optimizar los parámetros operativos de las etapas de selección y enriquecimiento a fin de incrementar la productividad y rendimiento del polímero.

### 5. Conclusiones

Un efluente sintético basado en suero de queso permitió la selección de un cultivo mixto con capacidad de producción de PHA en SBR sin el requerimiento de una etapa fermentativa previa. El cultivo seleccionado fue capaz de acumular PHA en sistema



aeróbico batch. El PHA fue detectado por tinción con Sudan Black, confirmándose su presencia por FT-IR. La máxima acumulación de PHA fue lograda luego de 48 hs de cultivo según se determinó por tinción con Sudan Black acoplada a análisis de imágenes. Esta técnica permitió determinar el punto final del sistema batch de producción sin el requerimiento de una etapa de extracción química del polímero. El PHA fue extraído con cloroformo y precipitado con etanol. El PHA resultó ser un co-polímero P(HB-HV), con fracción molar de HV de 4,6%. El rendimiento del polímero fue de 13,2 % (gPHA/gST) con una pureza de 95,4%. Se sugiere la realización de estudios adicionales, basados en la combinación de efluentes lácteos con aguas residuales de otras actividades industriales, a fin de enriquecer la fracción de HV en el co-polímero P(HB-HV).

## 6. Bibliografía

- Albuquerque, M. G. E.; Eiroa, M.; Torres, C.; Nunes, B. R.; Reis, M. A. M. (2007). Strategies for the development of a side stream process for polyhydroxyalkanoate (PHA) production from sugar cane molasses. *Journal of Biotechnology*, 130: 411–421.
- Amulya, K.; Venkateswar Reddy, M.; Venkata Mohan, S. (2014). Acidogenic spent wash valorization through polyhydroxyalkanoate (PHA) synthesis coupled with fermentative biohydrogen production. *Bioresource Technology*, 158: 336–342.
- Cavalheiro, J.; de Almeida, M.; Grandfils, C.; da Fonseca, M. M. R. (2009). Poly(3-hydroxybutyrate) production by *Cupriavidus necator* using waste glycerol. *Process Biochemistry*, 44: 509–515.
- Chen, B. -Y.; Shiau, T. -J.; Wei, Y. -H.; Chen, W. -M.; Yu, B. -H.; Yen, C. -Y.; Hsueh, C. -C. (2012). Feasibility study of polyhydroxyalkanoate production for materials recycling using naturally occurring pollutant degraders. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43: 455–458.
- Dai, Y.; Yuan, Z.; Jack, K.; Keller, J. (2007). Production of targeted poly(3-hydroxyalkanoates) copolymers by glycogen accumulating organisms using acetate as sole carbon source. *J. Biotechnol.*, 129: 489–497.
- Moralejo-Gárate, H.; Mar'Atusalihat, E.; Kleerebezem, R.; van Loosdrecht, M. C. M. (2011) Microbial community engineering for biopolymer production from glycerol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 92: 631-639.
- Serafim, L. S.; Lemos, P. C.; Albuquerque, M. G. E.; Reis, M. A. M. (2008). Strategies for PHA production by mixed cultures and renewable waste materials. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 81: 615–628.
- Steinbüchel, A. (2001). Perspectives for biotechnological production and utilization of biopolymers: metabolic engineering of polyhydroxyalkanoate biosynthesis pathways as a successful example. *Macromol. Biosci.*, 1: 1-24.
- Venkateswar Reddy, M.; Nikhil, G. N.; Venkata Mohan S.; Swamy, Y. V.; Sarma, P. N. (2012). *Pseudomonas otitidis* as a potential biocatalyst for polyhydroxyalkanoates (PHA) synthesis using synthetic wastewater and acidogenic effluents. *Bioresource Technology*, 123: 471–479.
- Zhu, C.; Chiu, S.; Nakas, J. P.; Nomura, C. T. (2013). Bioplastics from waste glycerol derived from biodiesel industry. *Journal of Applied Polymer Science*, 130: 1-13.

# **16TCAm - MODELADO DEL EFECTO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR SOBRE EL DESEMPEÑO DE UN REACTOR BATCH SECUENCIAL DURANTE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

**LOBO, C. C.<sup>1</sup>; BERTOLA, N. C.<sup>1</sup>; CONTRERAS, E. M.<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, La Plata, Argentina.**

**<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA). CONICET-Mar del Plata. UNMdP. Av. Juan B. Justo 4302 (7600) Mar del Plata, Argentina.**

**cintiacecilia\_lobo@hotmail.com**

## **Resumen**

En el presente trabajo, se estudió el efecto de la variación del tiempo de residencia celular y el tipo de sustrato sobre el desempeño de un reactor batch secuencial (SBR). Se desarrolló un modelo matemático que permitió predecir la concentración de biomasa durante condiciones transitorias de operación en el reactor. El modelo se ajustó adecuadamente a los datos experimentales y permitió calcular el rendimiento observable en biomasa ( $Y_{obs}$ ) y el coeficiente de decaimiento endógeno ( $b$ ) para un modelo de agua residual industrial con fenol (F) y un agua residual de industria láctea con suero de queso (SQ). Los resultados indicaron que el rendimiento observable para SQ ( $Y_{obs}=0.42$  gSST/gSQ) fue menor que el obtenido para F ( $Y_{obs}=0.89$  gSST/gF). Sin embargo, en ambos casos aproximadamente el 50 a 55% del carbono presente en el sustrato fue transferido a la biomasa. Finalmente, el coeficiente de decaimiento endógeno de la biomasa para F fue tres veces mayor al obtenido cuando se empleó SQ.

## **1. Introducción**

Los procesos industriales generan aguas residuales que se caracterizan por presentar una amplia variabilidad en términos de flujo, composición y concentración de sustancias orgánicas. Debido a ello, los sistemas de tratamiento biológico suelen operar bajo condiciones transitorias. En los últimos años, el empleo de reactores batch secuencial (SBRs) ha demostrado ser eficiente en el tratamiento de aguas residuales industriales, tales como industrias lácteas, farmacéuticas, curtiembres y con compuestos fenólicos. En general, la operación de un SBR se basa en la aplicación periódica de una serie de procedimientos; el conjunto de tales procedimientos se conoce como ciclo de operación. Cada ciclo de operación está compuesto por varias etapas: llenado, reacción, purga de barros, sedimentación y extracción del sobrenadante (efluente tratado). Este tipo de reactores presenta varias ventajas respecto del sistema continuo como por ejemplo: elevada flexibilidad, funcionamiento sencillo, diseño compacto y la posibilidad de trabajar en condiciones aeróbicas y anaeróbicas en el mismo reactor (Wang y col., 2014).

En los sistemas de tratamiento biológico el tiempo de residencia celular ( $\theta_C$ ) es una variable de operación clave, que no sólo permite controlar la concentración de biomasa, sino que además influye sobre la calidad del efluente, la demanda de oxígeno y la generación de exceso de barros activados. Por lo tanto, el desarrollo de modelos

matemáticos adecuados para el diseño y operación de estos procesos, especialmente bajo condiciones transitorias es de creciente interés. Por esta razón, los objetivos de este trabajo fueron: a) estudiar los efectos de variaciones en  $\theta_C$  y el tipo de sustrato sobre el rendimiento de un SBR, y b) desarrollar un modelo matemático para representar los efectos de variaciones en  $\theta_C$ .

## 2. Metodología

### 2.1 Cultivo de barros activados y operación del SBR

Los barros activados utilizados en este estudio fueron cultivados en dos SBRs escala laboratorio de 2.5 L cada uno. La aireación fue provista por aireadores con un flujo de 2 L min<sup>-1</sup>, los cuales proporcionaron una correcta agitación y permitieron mantener el oxígeno disuelto (OD) en 4 mgO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. El tiempo de residencia hidráulico ( $\theta_H$ ) fue de 80 h. La operación del reactor constó de cinco ciclos por semana, el tiempo promedio de cada ciclo fue  $t_T=1.40$  d y la fase de reacción  $t_R= 1.32$  d. Cada ciclo de operación estuvo compuesto por: llenado, reacción, purga de barros en condiciones de mezclado, sedimentación y extracción del sobrenadante (efluente tratado). Luego se dio inicio a un nuevo ciclo de operación con el llenado del reactor con el efluente a tratar. Las operaciones de llenado, purga, sedimentación y descarga, comprendieron 2 h. Se obtuvieron diferentes  $\theta_C$  mediante purga directa de los barros activados.

Se estudiaron dos modelos de agua residual:

-Reactor A: fue alimentado con un agua residual sintética simulando el de la industria láctea con la siguiente composición: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 940 mg, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 500 mg and KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 250 mg; todos los componentes se diluyeron en un litro. La fuente de carbono empleada fue suero de queso deshidratado (SQ) cuya concentración fue 1 g L<sup>-1</sup> (1000 mgDQO L<sup>-1</sup>). Se estudiaron los siguientes  $\theta_C$ : 45, 40, 30, 20 y 10 d y el tiempo de operación máximo del reactor fue de 392 días.

-Reactor B: fue utilizado para obtener barros activados aclimatados a fenol. Los barros activados (generados a partir del agua residual usada en el reactor A), fueron aclimatados a fenol con un medio conteniendo: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 226 mg L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 250 mg L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 25.2 mg L<sup>-1</sup>, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 2.52 mg L<sup>-1</sup>, CaCl<sub>2</sub> 2 mg L<sup>-1</sup>, FeCl<sub>3</sub> 1.2 mg L<sup>-1</sup> y fenol (F) como única fuente de carbono (300 mg L<sup>-1</sup>, 714 mgDQO L<sup>-1</sup>). En este caso, se estudiaron los siguientes  $\theta_C$ : 45, 40, 20 y 10 d y el tiempo de operación máximo del reactor fue de 453 días.

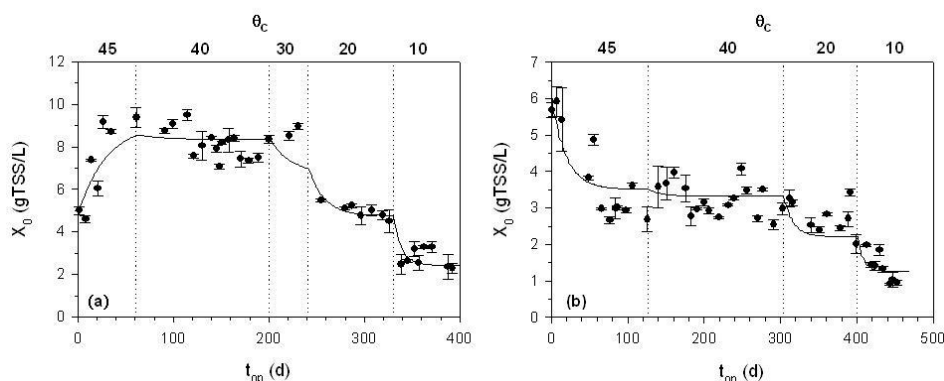
En ambos reactores se realizó la medición de la concentración de biomasa al inicio del ciclo de alimentación ( $X_0$ ; gSST L<sup>-1</sup>) como sólidos suspendidos totales, y la demanda química de oxígeno soluble ( $sDQO$ ) en función del tiempo de ciclo. A partir de la gráfica de  $sDQO$  en función del tiempo se obtuvo una línea recta cuya pendiente se correspondió a la velocidad de consumo de DQO soluble ( $R_S$ ).

## 3. Resultados

### 3.1 Efecto de $\theta_C$ y tipo de sustrato de alimentación sobre la concentración de biomasa

En la Figura 1 se encuentran los resultados obtenidos de concentración de biomasa inicial ( $X_0$ ) en función del tiempo de operación ( $t_{op}$ ) para los diferentes  $\theta_C$ . En el Reactor A (Fig. 1a) durante los primeros 25 d de operación ( $\theta_C=45$ d) se observó una fase transitoria en la cual  $X_0$  se incrementó de  $5.0 \pm 0.2$  a  $9.0 \pm 1.0$  gSST L<sup>-1</sup> para  $t_{op}=26$  d. Posteriormente, cuando se redujo  $\theta_C$  a 40 d se observó una disminución en  $X_0$ . En el caso del Reactor B, la Fig. 1b muestra que la fase transitoria para  $\theta_C=45$  d se extendió

durante 60 a 70 d, en la cual se obtuvo una disminución en  $X_0$  de 6 a 3 gSST L<sup>-1</sup>. Esta diferencia entre ambos reactores fue debida a la composición de la alimentación, mientras que el Reactor A fue alimentado con un medio complejo (SQ), el Reactor B fue alimentado con un medio mineral con F como fuente de carbono. Además, teniendo en cuenta la concentración de suero de queso y fenol utilizados y el contenido de carbono por unidad de masa de suero de queso (0,40 gC/gSQ) y fenol (0,77 gC/gF) (Ferro Orozco, 2014), se puede concluir que el Reactor A fue alimentado con un medio que contenía aproximadamente dos veces el carbono correspondiente al medio del Reactor B. Por esta razón, la concentración de biomasa para un valor dado  $\theta_C$  fue mayor en el Reactor A que en el Reactor B.



**FIGURA 1.** Concentración de biomasa ( $X_0$ ) en función del tiempo de operación del reactor ( $t_{op}$ ): (a) Reactor A (SQ)  $t_{op}$  máximo = 392 d, (b) Reactor B (F)  $t_{op}$  máximo = 453 d. Las líneas punteadas indican  $\theta_C$  y la línea continua representa el modelo propuesto (ec. 17) utilizando los coeficientes descriptos en la Tabla 1.

### 3.2 Desarrollo del modelo matemático

En la Fig. 2 se muestra un esquema de la variación de concentración de biomasa ( $X$ ) y sustrato ( $S$ , SQ o F) en función del tiempo ( $t$ ) durante un ciclo de operación típico. El ciclo se inició con el llenado del reactor con el agua residual con una concentración de sustrato ( $S_{AR}$ ). Una vez llenado el SBR las concentraciones de sustrato y biomasa al inicio de la etapa de reacción fueron  $S_0$  y  $X_0$ , respectivamente. En el presente modelo se asumió que el llenado fue instantáneo, es decir, despreciable frente al tiempo de la etapa de reacción ( $t_R$ ) o al tiempo total del ciclo ( $t_T$ ). Una vez realizado el llenado, se encendió el aireador y comenzó la etapa de reacción. Durante esta etapa el sustrato fue consumido y consecuentemente,  $X$  aumentó. Como puede observarse en la Fig. 2 la concentración de  $S$  en el efluente tratado fue  $S \cong 0$ . Así, se definió el tiempo crítico ( $t_C$ ) como el tiempo del ciclo para el cual  $S \cong 0$ ; además, para ese tiempo  $X$  alcanzó un valor máximo ( $X_{max}$ ). Posteriormente, debido a la ausencia de una fuente de carbono y energía, la concentración de biomasa comenzó a descender debido al proceso de metabolismo endógeno (Orhon y Artan, 1994) hasta alcanzar un cierto valor ( $X_F$ ) hacia el final de la etapa de reacción. Luego, se realizó la purga de barros retirando un volumen  $V_P$  del líquido del reactor en condiciones de mezclado, por lo que la concentración de biomasa en la purga fue  $X_F$ . Luego, se apagó el aireador, se dejaron sedimentar los barros 30 minutos para separar los mismos del efluente tratado y finalmente, se retiró un cierto volumen  $V_S$  del sobrenadante (el cual corresponde al efluente del proceso de tratamiento).

El conocimiento del caudal de agua residual a tratar ( $Q_{AR}$ ),  $\theta_H$ ,  $\theta_C$  y el caudal de purga ( $Q_P$ ) es clave para el dimensionamiento y la operación de cualquier sistema de

tratamiento de aguas residuales (Metcalf y Eddy, 2003). En particular, considerando que el ciclo de operación del SBR se inició con el agregado de un volumen  $V_P + V_S$  de agua residual cruda (o sea, el mismo volumen extraído del reactor durante el ciclo de operación anterior) y que la duración total de cada ciclo fue  $t_T$ , el caudal tratado de agua residual ( $Q_{AR}$ ) resulta:

$$Q_{AR} = \frac{V_P + V_S}{t_T} \quad (1)$$

Además, considerando que al final de la etapa de reacción se extrajo un volumen  $V_P$  con el fin de purgar la biomasa del reactor, el caudal de purga ( $Q_P$ ) resulta:

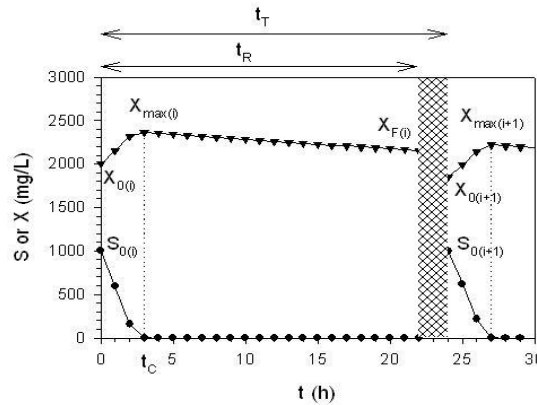
$$Q_P = \frac{V_P}{t_T} \quad (2)$$

Si  $V$  es el volumen del reactor al inicio de la etapa de reacción (volumen máximo en condiciones de operación), el tiempo de residencia hidráulico ( $\theta_H$ ) es:

$$\theta_H = \frac{V}{Q_{AR}} = \left( \frac{V}{V_P + V_S} \right) t_T \quad (3)$$

Por definición,  $\theta_C$  es el cociente entre la biomasa total en el reactor y la biomasa que sale del reactor por unidad de tiempo (Orhon y Artan, 1994). Debido a que el efluente tratado no contenía cantidades significativas de biomasa, la biomasa que salía del reactor por unidad de tiempo fue igual al producto  $Q_P X_F$ . Considerando que en ese instante la biomasa total en el reactor era el producto  $V X_F$ , la expresión de  $\theta_C$  para el reactor SBR resulta

$$\theta_C = \frac{V X_F}{Q_P X_F} = \left( \frac{V}{V_P} \right) t_T \quad (4)$$



**FIGURA 2.** Concentración de biomasa ( $X$ ,  $\blacktriangledown$ ) y sustrato ( $S$ ,  $\bullet$ ) en función del tiempo ( $t$ ) durante los ciclos de operación  $i$  y  $i+1$ . Se indican las concentraciones de biomasa inicial ( $X_{0(i)}$ ), máxima ( $X_{\max(i)}$ ) y final ( $X_{F(i)}$ ) correspondientes al ciclo  $i$  de operación. Las líneas representan el tiempo crítico ( $t_C$ ), de reacción ( $t_R$ ) y total del ciclo ( $t_T$ ). El área sombreada representa la purga, sedimentación y llenado del reactor.

Si  $V$  es volumen del reactor al inicio de la etapa de reacción, luego de las operaciones de purga, sedimentación y vaciado parcial del reactor, el volumen al final del ciclo de operación es  $V_F = V - V_P - V_S$ . A su vez, cada ciclo de operación se inició con el llenado del reactor con un volumen  $V_P + V_S$  de agua residual cruda. Por lo tanto, las concentraciones de sustrato y biomasa al inicio de la etapa de reacción correspondiente al ciclo de operación  $i + 1$  ( $S_{0(i+1)}$ ,  $X_{0(i+1)}$ ) son función de sus concentraciones al final del ciclo  $i$  ( $S_{F(i)}$ ,  $X_{F(i)}$ ):

$$S_{0(i+1)} = \frac{(V-V_P-V_S)S_{F(i)} + (V_P+V_S)S_{AR}}{V} \quad (5)$$

$$X_{0(i+1)} = \frac{(V-V_P)X_{F(i)} + (V_P+V_S)X_{AR}}{V} \quad (6)$$

donde  $S_{AR}$  y  $X_{AR}$  representan la concentración de sustrato y biomasa en el agua residual cruda, respectivamente. Nótese que como se asumió que el efluente tratado no contiene cantidades significativas de biomasa, la misma solamente sale del reactor cuando se purga un volumen  $V_P$ . Por el contrario, el sustrato sale del sistema tanto con  $V_P$  como con  $V_S$ ; por esta razón, las ecs. (5) y (6) resultan levemente diferentes.

Aunque las ecs. (5) y (6) son de carácter general, en el caso particular analizado se pueden hacer las siguientes simplificaciones: en algún momento del ciclo se cumple que  $S_{F(i)} \cong 0$  y el agua residual no contiene cantidades significativas de biomasa ( $X_{AR} \cong 0$ ). Teniendo en cuenta estas simplificaciones y combinando con las definiciones de  $\theta_H$  (ec. 3) y  $\theta_C$  (ec. 4) para este tipo de reactores, se obtienen las siguientes expresiones:

$$S_{0(i+1)} = \left( \frac{V_P+V_S}{V} \right) S_{AR} = \left( \frac{t_T}{\theta_H} \right) S_{AR} \quad (7)$$

$$X_{0(i+1)} = \left( \frac{V-V_P}{V} \right) X_{F(i)} = \left( \frac{\theta_C - t_T}{\theta_C} \right) X_{F(i)} \quad (8)$$

Si  $S_{AR}$  es constante y además el reactor es operado con  $\theta_H$  y  $\theta_C$  constantes, la ecuación (7) demuestra que  $S_{0(i+1)}$  es una constante para todo ciclo de operación. Por el contrario,  $X_{0(i+1)}$  no sólo depende de  $\theta_H$  y  $\theta_C$ , sino también de la concentración de biomasa al final del ciclo anterior. Además, de acuerdo con la Fig. 2, es evidente que para un ciclo determinado  $X_{F(i)}$  depende de  $X_{0(i)}$ . Por lo tanto, si se conociera la relación entre  $X_{F(i)}$  y  $X_{0(i)}$  y empleando iterativamente la ec.(8) se podrían calcular  $X_{0(i+1)}$ ,  $X_{0(i+2)}$ , etc., o sea, la concentración de biomasa en función del ciclo de operación.

A continuación se analizan los cambios en la concentración de sustrato y biomasa durante la etapa de reacción con el fin de obtener la relación entre  $X_{F(i)}$  y  $X_{0(i)}$ . Empleando el modelo tradicional de metabolismo endógeno (Orhon y Artan, 1994), la variación de las concentraciones de  $S$  y  $X$  en un reactor tipo batch resultan:

$$\frac{dS}{dt} = -q_S X \quad (9)$$

$$\frac{dX}{dt} = (Y_{X/S} q_S - b) X \quad (10)$$

$-\frac{dX}{dS} = Y_{X/S} - \frac{b}{q_S} = Y_{obs}$  donde  $q_S$  es la velocidad específica de consumo de sustrato,  $Y_{X/S}$  el rendimiento verdadero en biomasa (o sea, en ausencia de decaimiento) y  $b$  la constante de decaimiento endógeno (Orhon y Artan, 1994). Haciendo el cociente entre las ecs.(9) y (10) se obtiene:

$$(11)$$

donde  $Y_{obs}$  es el rendimiento observado. En algunos casos (por ejemplo, cuando  $K_S \ll S$  en una cinética tipo Monod),  $q_S$  se mantiene aproximadamente constante hasta que se agota  $S$ ; además, en general se cumple que  $b \ll q_S$ . En ambos casos  $Y_{obs}$  resulta aproximadamente constante; así, integrando la ec.(11) se obtiene la siguiente expresión:

$$X - X_0 = Y_{obs}(S_0 - S) \quad (12)$$

Como se asumió que el tiempo total del ciclo de operación ( $t_T$ ) fue lo suficientemente largo como para el sustrato se agote (Fig. 2), la concentración máxima de biomasa correspondiente al ciclo  $i$  de operación ( $X_{\max(i)}$ ) resulta:

$$X_{\max(i)} = X_{0(i)} + Y_{obs}S_0 \quad (13)$$

Una vez que  $S$  se agota, la concentración de biomasa disminuye debido al metabolismo endógeno. Como se definió el tiempo crítico  $t_C$  como el tiempo a partir del cual  $S = 0$  y  $X = X_{\max}$ , entonces para  $t \geq t_C$ ,  $q_S = 0$ . En estas condiciones, integrando la ec.(10) se obtiene:

$$X_{(i)} = X_{\max(i)} e^{-b(t-t_C)} \quad (14)$$

Finalmente, para  $t = t_R$  la concentración de biomasa al final de la etapa de reacción correspondiente al ciclo  $i$  ( $X_{F(i)}$ ) se obtiene combinando las ecs.(13) y (14):

$$X_{F(i)} = (X_{0(i)} + Y_{obs}S_0) e^{-b(t_R-t_C)} \quad (15)$$

La ecuación (15) representa la relación entre  $X_{F(i)}$  y  $X_{0(i)}$ . El problema de esta ecuación es que todavía no se conoce  $t_C$ . Sin embargo, a partir de las curvas de consumo de suero de queso y fenol en función del tiempo, obtenidas en diferentes condiciones de operación, se deduce que en la mayoría de los casos  $t_C < 4$  h. Además, considerando que se realizaban 5 ciclos de operación por semana, el tiempo total (promedio) de un ciclo de operación era  $t_T = 33.6$  hs. Como las operaciones de purga, sedimentación y vaciado llevaban entre 1 y 2 h, el tiempo de reacción (promedio) era  $t_R \cong 32$  hs  $\gg t_C$ . En estas condiciones,  $t_C$  puede ser despreciado de la ec. (15) resultando:

$$X_{F(i)} = (X_{0(i)} + Y_{obs}S_0) e^{-bt_R} \quad (16)$$

Es importante destacar que para un valor de  $b = 0.01 \text{ h}^{-1}$ , con  $t_R = 32$  hs y  $t_C = 4$  hs, la diferencia entre las ecs.(15) y (16) resulta menor a un 4%. Debe considerarse que el valor de  $b$  empleado en el cálculo es relativamente alto; en general, los valores informados por otros autores son inferiores (Gujer y col., 1999). Además, debido a que la diferencia entre las ecs.(15) y (16) es menor a medida que  $b$  disminuye, a fines prácticos la ec. (16) puede considerarse como una buena aproximación de la ec. (15), siendo su error menor al 4%.

Si se combinan las ecs. (8) y (16) se obtiene la siguiente expresión:

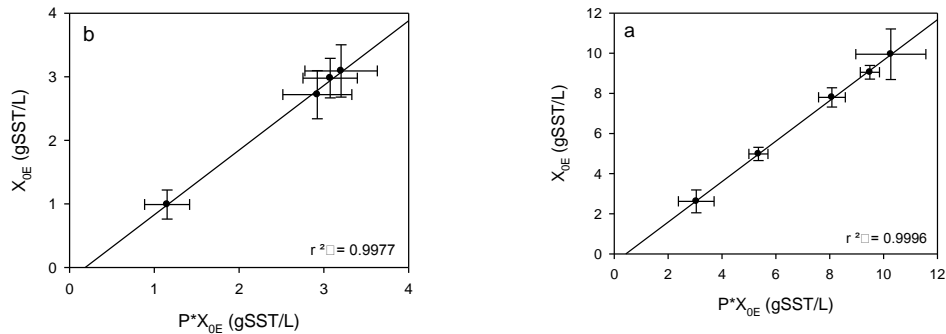
$$X_{0(i+1)} = \left( \frac{\theta_C - t_T}{\theta_C} \right) (X_{0(i)} + Y_{obs}S_0) e^{-bt_R} \quad (17)$$

Por lo tanto, para un cierto modo de operación del reactor ( $\theta_H$ ,  $\theta_C$ ,  $t_T$ ,  $t_R$ ) y si se conocen los coeficientes  $Y_{obs}$  y  $b$  y la concentración de biomasa en el reactor para un ciclo determinado ( $X_{0(i)}$ ), mediante la ec.(17) se puede calcular la concentración de biomasa en el ciclo siguiente ( $X_{0(i+1)}$ ). De esta manera, la aplicación iterativa de la ec. (17) permite calcular la evolución de la concentración de biomasa en función del número de ciclo de operación ( $i$ ). Finalmente, el tiempo total de operación ( $t_{op}$ ) del reactor se calcula como el producto entre el número de ciclo de operación ( $i$ ) y el tiempo (promedio) para un ciclo ( $t_T = 33.6$  hs). La ec. (17) también puede emplearse para estimar los coeficientes  $Y_{obs}$  y  $b$  a partir de datos experimentales. Si durante un tiempo determinado el SBR es operado en las mismas condiciones, en algún momento la

concentración de biomasa al inicio del ciclo de operación tiende a estabilizarse en un cierto valor estacionario  $X_{0E} = X_{0(i)} = X_{0(i+1)} = X_{0(i+2)}$ , etc. En esta condición, reordenando la ec. (17) se obtiene:

$$X_{0E} = \left( \frac{\theta_C}{\theta_C - t_T} \right) X_{0E} e^{bt_R} - Y_{obs} S_0 \quad (18)$$

De acuerdo a la ec.(18), si se grafica  $X_{0E}$  en función de  $\left( \frac{\theta_C}{\theta_C - t_T} \right) X_{0E}$  debería obtenerse una recta con pendiente  $e^{bt_R}$  y ordenada  $-Y_{obs} S_0$ . Como puede observarse en la Fig. 3, tanto para barros activados alimentados con suero de queso (Fig. 3a) como fenol (Fig. 3b) se obtuvo una correlación satisfactoria; en ambos casos el valor de  $r^2$  fue mayor a 0.997. A partir de los valores de la ordenada al origen y la pendiente se calcularon los coeficientes  $Y_{obs}$  y  $b$  correspondientes a cada tipo de alimentación (Tabla 1). Los valores de  $Y_{obs}$  y  $b$  obtenidos mediante regresión lineal fueron empleados en la ec.(17) para calcular la evolución de la concentración de biomasa en función del tiempo total de operación ( $t_{op}$ ). La Fig. 1 muestra que mediante el procedimiento de cálculo propuesto (ec. 17) se puede describir adecuadamente los cambios en la concentración de biomasa debidos a la modificación en  $\theta_C$  en un SBR alimentado tanto con un modelo de agua residual fácilmente biodegradable (SQ) como con un agua residual con fenol como única fuente de carbono. Además, la Tabla 1 demuestra que el rendimiento observable en biomasa en SQ ( $Y_{obs} = 0,42$  gSST/gSQ) fue menor que la correspondiente a F ( $Y_{obs}=0.89$  gSST/gF). Sin embargo, teniendo en cuenta el contenido de carbono de ambos sustratos (SQ=0.4 gC/gSQ; F=0.77 gC/gF) y de los barros activados ( $X=0.59$  gC/gSST), se puede observar en la Tabla 1 que alrededor del 50 a 55% del carbono fue transferido a la biomasa. Finalmente, la Tabla 1 muestra que el coeficiente de decaimiento endógeno de la biomasa en presencia de F fue tres veces mayor que la obtenida con SQ.



**FIGURA 3.** Concentración estacionaria de biomasa al inicio de ciclo de operación del SBR ( $X_{0E}$ ; ●) en función de  $PX_{0E}$  (donde  $P = \frac{\theta_C}{\theta_C - t_T}$ ) correspondiente a barros activados alimentados con: **a.** Barros activados alimentados con suero ( $S_0 = 1000$  mg/L). **b.** Barros activados alimentados con fenol ( $S_0 = 300$  mg/L). Las líneas representan la ec.(18), las barras indican el desvío estándar.



**Tabla 1.** Coeficientes correspondientes al modelo propuesto ec (17)

Coeficiente	Reactor A (SQ)	Reactor B (F)
$Y_{obs}$ (gSST/gS)	0.42	0.89
(gC/gC)	0.50	0.55
(gDQO/gDQO)	0.54	0.48
$b$ (d <sup>-1</sup> )	0.01	0.03

#### 4. Conclusiones

En este trabajo, se desarrolló un modelo matemático simple que permitió predecir la concentración de biomasa en condiciones transitorias de tiempo de residencia celular en un SBR. El modelo se utilizó para calcular el rendimiento en biomasa observable ( $Y_{obs}$ ) y el coeficiente de decaimiento endógeno ( $b$ ) para dos tipos de aguas residuales. Los resultados obtenidos en el presente trabajo podrían ser útiles para la selección de las condiciones de operación adecuadas para mejorar el rendimiento de los tratamientos de aguas residuales industriales que utilizan reactores del tipo SBRs.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, la Universidad Nacional de la Plata y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Argentina.

#### Bibliografía

- Ferro Orozco, A.M., Contreras, E.M., Zaritzky, N.E., 2014. Acclimation and degradation of bisphenol a (BPA) by activated sludge: effect of the presence of a biogenic substrate. Submitted to Process Biochem
- Gujer, W., Henze, M., Mino, T., van Loosdrecht, M., 1999. "activates sludge model no.3". Water Science and Technology 39 (0), 183-193.
- Metcalf y Eddy (2003). Wastewater Engineering: Tratment, Disposal and Reuse. . Mc Graw Hill, New York.
- Orhon, D. y Artan, N. (1994). "Modelling of activated sludge systems." Technomic Publishing Company, Inc., USA.
- Wang, Y.-F., Wang, X.-L., Li, H., Lin, K.-F., Wang, P., Yang, J., Liu, Y.-D., Sun, Z.-Y., Fan, L.-H. y Wu, Z.-M. (2014). "Treatment of high salinity phenol-laden wastewater using a sequencing batch reactor containing halophilic bacterial community." International Biodeterioration & Biodegradation 93(0): 138-144.

## 17TCAm - EVALUACIÓN DE LAS CINÉTICAS DE DEGRADACIÓN DE UN EFLUENTE TEXTIL REAL

RAMOS, P.<sup>1</sup>; VITALE, P.<sup>1</sup>; EYLER, G.<sup>1</sup>; CAÑIZO, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería – CIFICEN (CONICET-UNCPBA). Av. Del Valle 5737 (B7400JWI). Buenos Aires. Argentina. [pamela.ramos@fio.unicen.edu.ar](mailto:pamela.ramos@fio.unicen.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se estudia la degradación de un efluente textil aplicando Tecnologías de Oxidación Avanzadas ( $\text{Fe}^0/\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ). El seguimiento de la degradación se midió mediante el % DQO, pH y  $\text{Fe}^{2+}$  en solución para diferentes tiempos. Las condiciones óptimas de trabajo son 15 °C, 0,2 g L<sup>-1</sup> de Lana de Acero Comercial, y entre 0,02 y 0,04 mol L<sup>-1</sup> de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , las cuales permiten degradar el efluente hasta un 87% en 300 min.

### 1. Introducción

La creciente demanda de la sociedad por la remediación de aguas contaminadas de diversos orígenes, sumada a regulaciones cada vez más estrictas, ha impulsado en los últimos años, el desarrollo de nuevas tecnologías de depuración (Blanco Jurado, 2009).

La mayoría de los compuestos orgánicos que se encuentran en los efluentes industriales son resistentes a los métodos convencionales de tratamiento químico y biológico (Oller *et al.*, 2011; Noonpui *et al.*, 2010; Sponza y Oztekin, 2011; Taran, 2011).

Los tratamientos conocidos como Tecnologías de Oxidación Avanzada (TOA) favorecen la transformación de contaminantes orgánicos con estructuras complejas a sustancias menos tóxicas y más biodegradables (Gogate y Pandit, 2004). Las TOAs se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios fundamentales en la estructura química de los contaminantes a través de la generación *in situ* de especies radicalarias muy reactivas y de alto poder oxidante por ej  $\text{OH}^\bullet$ , que pueden obtenerse por procesos catalíticos homogéneos y heterogéneos (Domènech *et al.*, 2001).

La industria textil ha presentado notables problemas medioambientales vinculados principalmente al uso y la gestión del recurso hídrico; tiene un alto consumo de agua potable y subterránea en sus procesos y sus aguas residuales son una de las más contaminantes de todos los sectores industriales (Manu y Chaudhari, 2003).

El empleo de las TOAs, como tratamientos único o como pre- o post-tratamiento biológico puede constituir una alternativa viable para la eliminación de la materia orgánica de un efluente textil (García Montaña, 2007).

El efluente textil estudiado en este trabajo proviene de una empresa dedicada al teñido y acabado de prendas; ubicada en la provincia de Buenos Aires, que contiene diversos compuestos como colorantes, aprestos, detergentes, fijadores, blanqueadores ópticos y sólidos de desgaste entre otros. El tratamiento aplicado consiste en una oxidación de la materia orgánica por acción de las especies de Fe en solución y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dando un proceso Fenton con Lana de Acero Comercial (LAC) como fuente de  $\text{Fe}^0$ .

En trabajos previos (Vitale *et al.*, 2013) mediante tratamientos estadísticos, se analizaron las variables más influyentes en el proceso degradativo siendo estas la concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , la temperatura y la masa de LAC agregada.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar la cinética de degradación de un efluente proveniente de una industria textil dedicada al teñido y acabado de prendas mediante la aplicación de TOA ( $\text{Fe}^0/\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ), a fin de encontrar las condiciones óptimas de operación.

## 3. Metodología

La caracterización del efluente fue realizada mediante métodos normalizados (APHA 1998): Sólidos Totales (2540 B), Sólidos Volátiles (2540 E), Conductividad (2510 B), Cloruros (4500- $\text{Cl}^-$  B), Sulfatos (4500- $\text{SO}_4^{2-}$  C) y pH.

El efluente fue filtrado (banda negra) inicialmente para eliminar el sólido en suspensión (material de desgaste y pelusas). Se estudió la degradación de la fracción clarificada por TOA utilizando LAC como fuente de  $\text{Fe}^0$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  como oxidante. La LAC fue caracterizada mediante microscopía de barrido electrónico SEM/EDS.

Las experiencias se realizaron en un reactor batch de 50 mL termostatzado por un baño de agua (entre  $15 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Se ensayaron las muestras del efluente sin diluir, donde las variables estudiadas se muestran en la Tabla 1.

**TABLA 1.** Rango de valores para variables estudiadas

Variables	Mínimo	Máximo
Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	15	45
Masa de LAC ( $\text{g L}^{-1}$ )	0	0,4
Concentración de oxidante ( $\text{mol L}^{-1}$ )	0	0,08

Para el seguimiento de la degradación se midió la reducción de Demanda Química de Oxígeno (DQO; APHA 1998, Método Estándar 5220 D), concentración de  $\text{Fe}^{2+}$  (APHA 1998, Método Estándar 3500 D) y pH para un tiempo de reacción de 0, 60, 120, 180, 240 y 300 minutos.

## 4. Resultados y discusión

La eficiencia en la reducción de DQO fue evaluada de acuerdo a una serie de factores conocidos que afectan al proceso degradativo. En una primera etapa se caracterizó el efluente y la fuente de  $\text{Fe}^0$  (LAC) y posteriormente se estudió el efecto de cada variable operativa en el proceso de degradación.

### 4.1. Caracterización del efluente real y de la fuente de $\text{Fe}^0$ .

En la Tabla 2 se muestran las características del efluente textil y se compara con los límites legales establecidos por la Resolución 336/2003 Anexo II (Provincia de Buenos Aires).

**TABLA 2.** Caracterización y límites legales.

Parámetros	Efluente Textil	Límite legal: vertido en colectora cloacal
DQO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) <sup>a</sup>	Sin filtrar 900 – 1900 Filtrado 500 – 1100	<700
DBO <sub>5</sub> /DQO <sup>b</sup>	0,05	--
Cloruros ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,001 – 0,009	--
Sólidos totales ( $\text{g L}^{-1}$ )	2,07 – 4,24	0,1
Sólidos volátiles ( $\text{g L}^{-1}$ )	0,16 – 2,02	--
pH	6,9 – 7,4	7 - 10
Conductividad ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	0,20 – 3,13	--
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,4 – 0,6	<1000
Aspecto	Ligera coloración azul	--

<sup>a-</sup> Rango de variación en los valores obtenidos experimentalmente de DQO en muestras tomadas durante todo un año.

<sup>b-</sup> Relación de biodegradabilidad, un efluente es posible de biodegradar si la relación DBO<sub>5</sub>/DQO da valores mayores a 0,6 (Blanco Jurado, 2009). DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

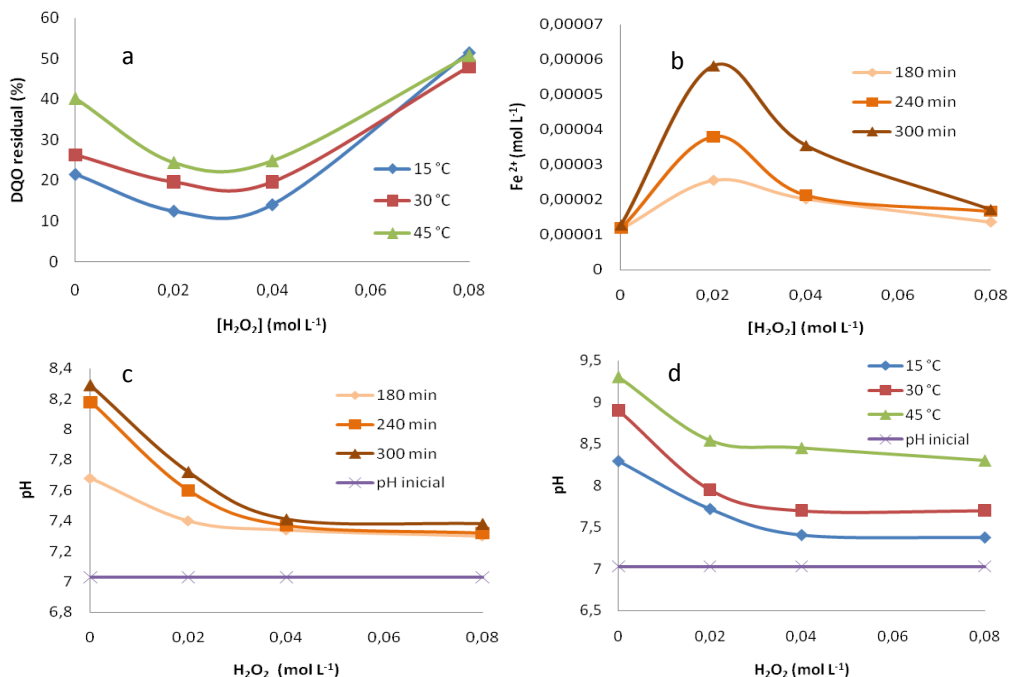
Como se observa en la Tabla 2 el efluente tiene una DQO mayor a la que admite la descarga a la red cloacal incluso luego de haber filtrado y eliminado los sólidos. La relación DBO<sub>5</sub>/DQO tiene un valor muy bajo, lo que indica que el efluente no es biodegradable.

La morfología de los filamentos de LAC cortados en fragmentos de 0,5 cm de longitud se evaluó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), los filamentos de *ca.* 40  $\mu\text{m}$  ancho y *ca.* 8  $\mu\text{m}$  espesor presentan una superficie no porosa. Utilizando un detector EDS se determinó semi-cuantitativamente la composición (p/p): 73,8% de Fe, 25,3% de C y 0,9% de Mn.

## 4.2. Efecto de las variables de proceso

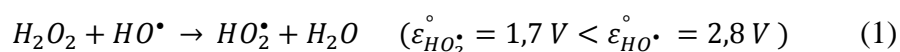
### 4.2.1. Concentración de oxidante (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Para una variación de la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> entre 0 y 0,08  $\text{mol L}^{-1}$  manteniendo fija la cantidad de LAC agregada en 0,2  $\text{g L}^{-1}$  y utilizando el efluente a su pH natural los resultados obtenidos para la degradación del efluente se muestran en la Figura 1.

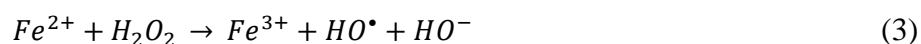


**FIGURA 1.** Efecto de la concentración de oxidante sobre: a) DQO final del efluente a 300 min para diferentes temperaturas. b)  $\text{Fe}^{2+}$  en solución a  $15^\circ\text{C}$  para diferentes tiempos. c) pH para diferentes tiempos a  $15^\circ\text{C}$ . d) pH final (300 min) para diferentes temperaturas.

Las mayores degradaciones (Figura 1a) fueron obtenidas para concentraciones intermedias de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (entre  $0,02$  y  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ ). Inicialmente al incrementar la dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  aumenta la producción de  $\text{HO}^\bullet$  disponible para romper las moléculas orgánicas, provocando una disminución en la DQO residual. Sin embargo, al continuar adicionando oxidante, los  $\text{HO}^\bullet$  son consumidos por el  $\text{H}_2\text{O}_2$  para formar un radical menos reactivo (ecuación 1; Feng, *et al.*, 2010)



En ausencia de  $\text{H}_2\text{O}_2$  la concentración de  $\text{Fe}^{2+}$  en solución (Figura 1b) se mantiene constante independientemente del tiempo que dure la degradación. Durante la degradación en presencia de oxidante se aprecia inicialmente un aumento general de la cantidad de  $\text{Fe}^{2+}$  en solución (ecuación 2 (Ortiz de la Plata *et al.*, 2012)) y a concentraciones mayores de  $\text{H}_2\text{O}_2$  el  $\text{Fe}^{2+}$  es consumido para formar  $\text{Fe}^{3+}$  (ecuación 3).



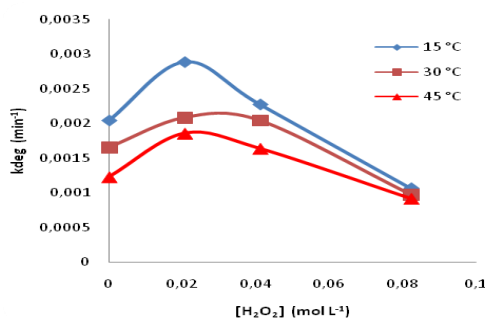
A su vez, se observa a  $15^\circ\text{C}$  un máximo de  $\text{Fe}^{2+}$  para  $0,02 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  coincidentes con las máximas reducciones de DQO. Para temperaturas superiores a  $15^\circ\text{C}$  el efecto observado es similar.

En las Figuras 1c y 1d se observa, que en ausencia de oxidante, el pH inicial aumenta en forma directamente proporcional al tiempo de tratamiento y a la temperatura. A su vez

el aumento de pH es menor a medida que la concentración de oxidante se incrementa. Sin embargo, a concentraciones de oxidante mayores a  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$  este cambio es despreciable. El incremento de pH en el transcurso de la degradación puede explicarse por la formación de  $\text{Fe}^{2+}$  (ecuación 2) para concentraciones de hasta  $0,02 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , para mayores cantidades de oxidante puede sumarse el consumo del  $\text{Fe}^{2+}$  (ecuación 3), aportando un efecto mayor al aumento de pH, ya que contribuye a la formación de  $\text{HO}^-$ .

El pH inicial del efluente es cercano a la neutralidad (*ca.* 7,03), el aumento durante el tratamiento oscila entre 2,27 y 0,35 unidades de pH.

Los datos experimentales se ajustaron a cinéticas de pseudo-primer orden hasta degradaciones de 75% (como se trata de efluentes industriales se tomó un coeficiente de correlación  $R^2 > 0,9$  (Cheng *et al.*, 2014)). En la Figura 2 se muestra la variación de las constantes de velocidad global de pseudo-primer orden ( $k_{\text{deg}}$ ) para las cinéticas de degradación en función del agregado de oxidante al sistema. Estas constantes representan la pendiente de la recta obtenida al graficar  $\log (\% \text{DQO})$  vs. tiempo (min).  $k_{\text{deg}}$  tiene unidades de  $\text{min}^{-1}$ .

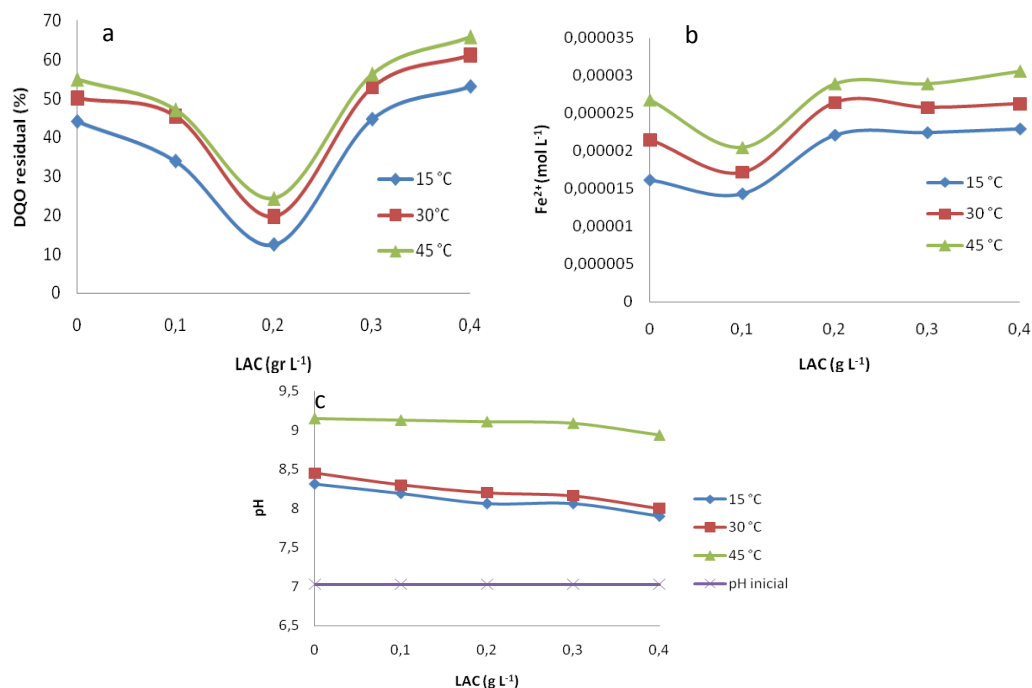


**FIGURA 2.** Efecto de la concentración de oxidante sobre la constante de velocidad global de degradación a diferentes temperaturas (300 min).

Se observa que para todas las temperaturas la degradación ocurre a mayor velocidad a concentraciones de oxidante entre  $0,02$  y  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ . En concordancia con esta tendencia, los valores de DQO residual (300 min) fueron los más bajos (Figura 1-a).

#### 4.2.2. Masa de LAC agregada

Los resultados obtenidos para la degradación del efluente con una variación de la masa de LAC agregada entre 0 y  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ , manteniendo fija la concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$  y utilizando el efluente a su pH natural, se muestran en la Figura 3.



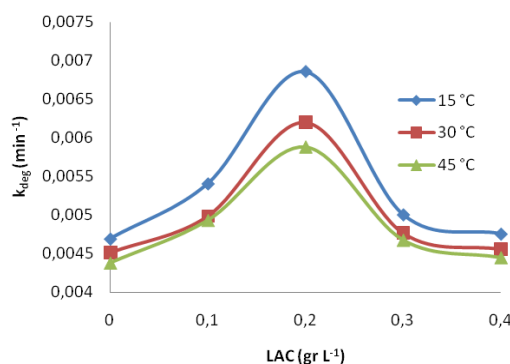
**FIGURA 3.** Efecto de la masa de LAC a diferentes temperaturas sobre: a) DQO final del efluente a 300 min b) Fe<sup>2+</sup> en solución a 300 min. c) pH final a 300 min.

Las mayores degradaciones (Figura 3a) fueron obtenidas para 0,2 g L<sup>-1</sup> de LAC agregada, efecto similar al observado en la variación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Cuando las masas de LAC agregada son inferiores a 0,2 g L<sup>-1</sup>, esto puede deberse a que el Fe<sup>2+</sup> en solución sería consumido para la generación de HO<sup>•</sup> (ecuación 3), evidenciando reducciones de DQO mayores; para cantidades mayores a 0,2 g L<sup>-1</sup> se evidencia que la cantidad de Fe<sup>2+</sup> en solución permanece constante (Figura 3b), lo cual podría deberse a que a altas concentraciones de Fe<sup>2+</sup> se puede producir a su vez el atrapamiento de radicales HO<sup>•</sup> (ecuación 4) generando un aumento la DQO residuales.



El pH aumenta a lo largo del tratamiento favorecido por las ecuaciones 2, 3 y 4 (Figura 3c). Este efecto es mayor a menores concentraciones de LAC y a medida que aumenta la temperatura (efecto también observado en la Figura 1d).

En la Figura 4 se muestra la variación de las constantes de velocidad global de pseudo-primer orden ( $k_{deg}$ ) para las cinéticas de degradación en función del agregado de LAC al sistema.



**FIGURA 4.** Efecto del agregado de masa de LAC sobre la constante de velocidad global de degradación a diferentes temperaturas (300 min).

Se observa que para todas las temperaturas la degradación ocurre a mayor velocidad con el agregado de 0,2 g L<sup>-1</sup> de LAC. En concordancia con esta tendencia en la Figura 3a la DQO residual (300 min) fue la menor.

## 5. Conclusiones

El proceso aplicado permite degradar el efluente textil hasta un 87% en 300 min, tiempo de interés industrial. Las mayores degradaciones se obtuvieron al trabajar a 15 °C, con un agregado 0,2 g L<sup>-1</sup> de LAC, y entre 0,02 y 0,04 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, alcanzando valores de DQO finales menores a 140 mg L<sup>-1</sup> aptos para la descarga en una colectora cloacal.

## 6. Bibliografía

- Blanco Jurado, J. (2009). *Degradación de un efluente textil real mediante procesos Fenton y Foto-Fenton*. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Cheng, H., Chou, S., Chen, S., y Yu, C. (2014). Photoassisted Fenton degradation of phthalocyanine dyes from wastewater of printing industry using Fe(II)/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst in up-flow fluidized-bed. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(6), 1307–12.
- Domènech, X., Jardim, W. F., y Litter, M. I. (2001). Capítulo 1: Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. M. A. Blesa (Ed.), (CYTED, 3 – 25).
- Feng, F., Xu, Z., Li, X., You, W., y Zhen, Y. (2010). Advanced treatment of dyeing wastewater towards reuse by the combined Fenton oxidation and membrane bioreactor process. *Journal of Environmental Sciences*, 22(11), 1657–65.
- García Montaña, J. (2007). *Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for commercial reactive dyes removal*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gogate, P. R., y Pandit, A. B. (2004). A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. *Advances in Environmental Research*, 8(3-4), 501–51.
- Manu, B., y Chaudhari, S. (2003). Decolorization of indigo and azo dyes in semicontinuous reactors with long hydraulic retention time. *Process Biochemistry*, 38(8), 1213–21.



- Noonpui, S., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W., y Netpradit, S. (2010). Color removal from water-based ink wastewater by bagasse fly ash, sawdust fly ash and activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, 162(2), 503–8.
- Oller, I., Malato, S., y Sánchez-Pérez, J. a. (2011). Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination-a review. *The Science of the Total Environment*, 409(20), 4141–66.
- Ortiz de la Plata, G. B., Alfano, O. M., y Cassano, A. E. (2012). 2-Chlorophenol degradation via photo Fenton reaction employing zero valent iron nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 233, 53–59.
- Sponza, D. T., y Oztekin, R. (2011). Removals of some hydrophobic poly aromatic hydrocarbons (PAHs) and *Daphnia magna* acute toxicity in a petrochemical industry wastewater with ultrasound in Izmir-Turkey. *Separation and Purification Technology*, 77(3), 301–11.
- Taran, M. (2011). Utilization of petrochemical wastewater for the production of poly(3-hydroxybutyrate) by *Haloarcula* sp. IRU1. *Journal of Hazardous Materials*, 188(1-3), 26–8.
- Vitale, P., Ramos, P. B., Eyler, G. N., y Cañizo, A. I. (2013). Significancia de las variables en procesos fotocatalíticos aplicados sobre efluentes reales. AAIQ (Ed.), *VII Congreso Argentino de Ingeniería Química*. Rosario - Santa Fe.

## **18TCAm - ESTUDIO DE LA MICROESTRUCTURA DE MEZCLAS DE ALMIDÓN DE MAÍZ TERMOPLÁSTICO Y POLI(ε-CAPROLACTONA)**

**LOPEZ, O.<sup>1,2</sup>; LENCINA, S.<sup>1</sup>; NINAGO, M.<sup>1</sup>; GARCÍA, M.<sup>2</sup>; CIOLINO, A.<sup>1</sup>; VILLAR, M.<sup>1</sup>,**

**<sup>1</sup>Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET), Departamento de Ingeniería Química, UNS, Camino “La Carrindanga” Km 7, (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: [mninago@plapiqui.edu.ar](mailto:mninago@plapiqui.edu.ar)**

**<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Universidad Nacional de la Plata, CONICET, 47 y 115 (1900) La Plata, Argentina.**

### **Resumen**

En este trabajo se desarrollaron mezclas de almidón termoplástico y poli(ε-caprolactona) (PCL). El efecto del agregado de PCL sobre la estructura y las propiedades finales de películas de almidón termoplástico se evaluaron empleando diferentes técnicas de caracterización. El almidón termoplástico se obtuvo a partir del procesamiento en fundido de almidón de maíz con glicerol (SG). Además, se procesó almidón en presencia de glicerol y alginato de sodio (SGA). Por otra parte, se incorporó 2,5; 5 y 10 % p/p de PCL a las muestras SG y SGA previamente procesadas. Las muestras SG-PCL y SGA-PCL se mezclaron en fundido, se inyectaron en probetas circulares y se sometieron a un proceso de termo-compresión. La interacción entre las matrices de almidón y el homopolímero de PCL fue evaluada mediante espectroscopia infrarroja (FTIR), mientras que la estructura de las películas se estudió a partir de microscopía electrónica de barrido (SEM). Las transiciones de fase y estabilidad térmica de los materiales fueron seguidas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA), respectivamente. Por otra parte, se estudiaron las propiedades ópticas y de barrera a la radiación UV. Los materiales procesados fueron capaces de ser inyectados obteniéndose, en todos los casos, probetas homogéneas y translúcidas. Asimismo, fue posible conseguir películas flexibles y fáciles de manipular, que presentaron una visible coloración amarillenta. Por otra parte, las micrografías mostraron películas con secciones transversales homogéneas, sin que se detectara la presencia de gránulos de almidón sin fundir o aglomerados de PCL. Los ensayos de TGA mostraron que la presencia de PCL no afectó la estabilidad térmica del SG.

### **1. Introducción**

Entre los polímeros naturales, el almidón es uno de los más estudiados debido a su bajo costo, amplia disponibilidad, carácter biodegradable y funcionalidad. Además, este polímero puede convertirse en almidón termoplástico a partir de su procesamiento a altas temperaturas y elevados esfuerzos de corte en presencia de plastificantes. Debido a que las matrices termoplásticas a base de almidón presentan deficientes propiedades mecánicas, es común que se preparen mezclas con diferentes polímeros para mejorar no sólo su procesabilidad, sino también las propiedades finales de los materiales obtenidos. La incorporación de alginato como plastificante surge como una alternativa que permite optimizar la procesabilidad en beneficio de las propiedades finales del almidón termoplástico. La poli(ε-caprolactona) (PCL) es un polímero semicristalino,

biodegradable, que presenta una buena procesabilidad y gran capacidad para formar mezclas miscibles o parcialmente miscibles con una amplia variedad de polímeros (Contreras et al., 2007). La PCL es un poliéster lineal e hidrofóbico, que se obtiene por polimerización por apertura de anillo del monómero cíclico  $\epsilon$ -caprolactona, y que puede ser consumido lentamente por microorganismos. Sus propiedades físicas y su elevada versatilidad de procesamiento por diferentes técnicas convierten a la PCL en un excelente candidato como sustituto de polímeros en aplicaciones de envasado y embalaje, como así también en áreas específicas tales como medicina y nanotecnología (Albertsson et al., 2003).

## 2. Objetivos

Con el propósito de mejorar la procesabilidad y las propiedades finales, el principal objetivo de este trabajo consistió en incorporar diferentes concentraciones de PCL a matrices de almidón de maíz termoplástico, y evaluar su efecto sobre la estructura y las propiedades finales de los materiales obtenidos.

## 3. Metodología

La PCL se sintetizó a partir de polimerización aniónica por apertura de anillo en vacío, empleando reactores de vidrio de tipo Schlenk. Como iniciador de reacción se utilizó el aducto de reacción formado a partir de una solución comercial de  $n\text{-Bu}^-\text{Li}^+$  (Sigma-Aldrich) y 1,1-difenil-etileno (Sigma-Aldrich). Se empleó benceno (Dorwill) como solvente de reacción y ácido acético glacial (Sigma-Aldrich) como agente de finalización. Todos los materiales se purificaron siguiendo las rutinas convencionales de síntesis aniónica (Xu et al., 2007).

A partir del procesamiento en fundido de almidón de maíz (Misky-Arcor) y 35 % p/p de glicerol (Anedra) se obtuvo la matriz de SG. Por otra parte, la matriz SGA se consiguió mediante el mezclado de almidón con 35 % p/p de glicerol y 10 % p/p de alginato de sodio (Fluka). La concentración de ambos plastificantes (glicerol y alginato) se expresó en base seca de almidón. Las muestras se procesaron a 140 °C y 100 rpm durante 30 minutos, empleando una mezcladora e inyectora Atlas Laboratory Mixing Molder. Luego, se incorporaron concentraciones crecientes de PCL (2,5; 5 y 10 % p/p) a las matrices SG y SGA, previamente procesadas y trituradas. Las mezclas SG-PCL y SGA-PCL se procesaron a 140 °C y 100 rpm durante 20 min, empleando el mismo equipo antes mencionado. Una vez finalizado el mezclado en fundido, las muestras se inyectaron en probetas circulares de 25 mm de diámetro y posteriormente se obtuvieron películas por termo-compresión (140 °C - 180 Kg/cm<sup>2</sup> - 6 min), empleando una prensa hidráulica calefaccionada.

La interacción entre las matrices y la PCL se estudió mediante espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) en un espectrómetro Thermo Nicolet Nexus. Los espectros se registraron con una resolución de 4 cm<sup>-1</sup> en el rango 4.000-400 cm<sup>-1</sup>, con una acumulación de 64 escaneos bajo flujo constante de aire.

La estructura de las películas se estudió mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) en un equipo JEOL JSM-35. Para la observación microscópica, las películas fueron previamente criofracturadas por inmersión en nitrógeno líquido, montadas en tacos de bronce y recubiertas con una capa de oro (300 Å).

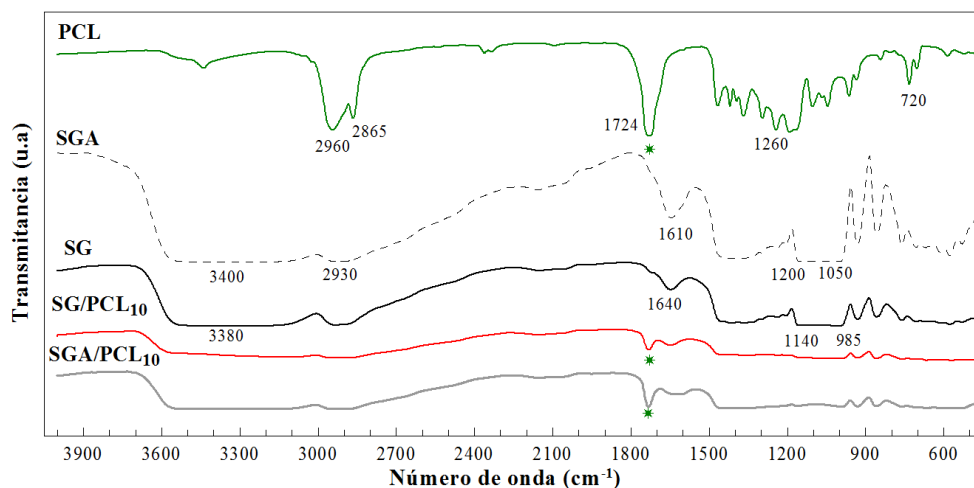
Las transiciones de fase de los materiales se estudiaron por calorimetría diferencial de barrido (DSC) en un calorímetro Perkin-Elmer Pyris 1. Todos los ensayos térmicos se realizaron bajo atmósfera de nitrógeno desde -150 a 250 °C a una velocidad de

calentamiento de 10 °C/min. Los ensayos de degradación térmica se realizaron empleando una balanza termogravimétrica Discovery TGA<sup>TM</sup>, mediante la cual se registró la pérdida de masa entre 40 y 700 °C a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, bajo atmósfera de oxígeno.

La opacidad y la capacidad de absorción de radiación UV se estimaron a partir de los espectros de absorción (200 – 700 nm) obtenidos en un espectrómetro T60 UV-Visible, de acuerdo con la norma ASTM D1003-00. La luminosidad (*L*) y los parámetros de cromaticidad *a* y *b*, se determinaron de acuerdo con la escala de Hunter: *-a* (verde) a *+a* (rojo), y *-b* (azul) a *+b* (amarillo). Las mediciones se realizaron en un colorímetro Hunterlab UltraScan XE en modo transmitancia.

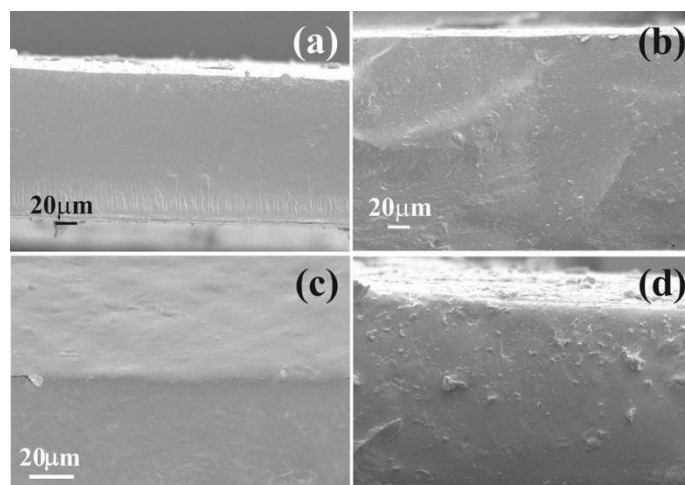
#### 4. Resultados

Todas las formulaciones estudiadas se procesaron de manera eficiente por el método de mezclado en fundido. Además, fue factible realizar la inyección de las muestras en fundido, obteniéndose probetas translúcidas de apariencia homogénea. Por otra parte, se obtuvieron películas flexibles por termo-compresión, fáciles de manipular.



**Figura 1.** Espectros FTIR de PCL, SG y mezclas con 10% de PCL p/p

En la Figura 1 se muestran los espectros FTIR correspondientes a la PCL, las matrices SG y SGA, como así también los correspondientes a las mezclas con 10 % de PCL (SG/PCL<sub>10</sub> y SGA/PCL<sub>10</sub>). En los espectros de PCL, SG y SGA se detectaron las bandas características de los grupos funcionales (Bálsamo et al. 2004; Castillo et al., 2013, Lencina et al., 2014). Los espectros de SG/PCL<sub>10</sub> y SGA/PCL<sub>10</sub> mostraron señales similares a las obtenidas para SG y SGA, respectivamente. Sin embargo, una diferencia notoria, es la presencia de la señal asociada al estiramiento del grupo carbonilo de la PCL, ubicada en 1724 cm<sup>-1</sup>. Esta última señal muestra una disminución de su intensidad, que de acuerdo con Cai et al. (2014) podría deberse a la interacción existente entre las cadenas de PCL y las de almidón. Por otra parte, las mezclas SGA/PCL<sub>10</sub> mostraron una reducción menos marcada de la intensidad de esta señal, que puede ser explicada si se tiene en cuenta que el alginato posee grupos carbonilos que contribuirían a la absorción en dicha región espectral.



**Figura 2.** Sección transversal de las películas de SG (a), SG/PCL<sub>10</sub> (b), SGA (c) y SGA/PCL<sub>10</sub> (d)

La Figura 2 muestra las micrografías de las secciones transversales de las películas de SG, SGA y las mezclas con 10 % p/p de PCL. Todos los materiales presentaron un espesor homogéneo a lo largo de la sección estudiada, no se observaron gránulos de almidón ni canales de migración del glicerol, corroborando el eficiente procesamiento del almidón en las mezclas estudiadas (Figura 2a y 2c). En las Figuras 2b y 2d puede observarse una distribución relativamente homogénea del homopolímero de PCL en las matrices de SG y SGA, con pequeños agregados bien distribuidos en toda la sección de las películas.

Los ensayos térmicos permitieron determinar las transiciones de fase de las mezclas obtenidas. Los materiales a base de almidón y glicerol presentan dos temperaturas de transición vítrea ( $T_g$ ) debido a que la miscibilidad parcial del plastificante en la matriz conduce a la formación de dos fases, una rica en almidón y la otra rica en glicerol (López et al., 2011). La  $T_g$  asociada a la fase rica en glicerol fue determinada en todas las mezclas estudiadas, sin embargo, para ninguna de las muestras fue posible la detección de la  $T_g$  correspondiente a la fase rica en almidón. En la Tabla 1 se resumen los valores de  $T_g$  obtenidos a partir del análisis de las curvas de DSC. La incorporación de PCL a la matriz SG presenta menores valores de  $T_g$  respecto de la matriz (SG), siendo 1,5 veces menor para el caso de la adición de 10 % de PCL. El menor valor de  $T_g$  detectado en las mezclas SG/PCL podría atribuirse a la transición térmica a la que contribuyen tanto la fase rica en glicerol de la matriz de almidón y el homopolímero de PCL. En el caso de las mezclas SGA/PCL, el efecto de la presencia de PCL sobre la  $T_g$  de la matriz resultó menos marcado, observándose un valor aproximadamente 10 % menor para la mezcla con el mayor contenido de PCL. Asimismo, a partir de los ensayos térmicos se determinó el valor de temperatura de pico, asociada principalmente a la fusión de los cristalitas de almidón de las matrices estudiadas. Los valores se encontraron entre 105 y 144 °C, como se observa en la Tabla 1. Estos resultados corroboran que las mezclas procesadas a 140 °C se encontraban en estado fundido, lo que favoreció su posterior inyección. También fue posible determinar la temperatura de fusión del homopolímero de PCL en las curvas de calentamiento (Tabla 1). A partir del pico de fusión de la PCL, se calculó el porcentaje de cristalinidad del homopolímero en

las matrices, observándose un incremento con la concentración de PCL como se esperaba (Tabla 1).

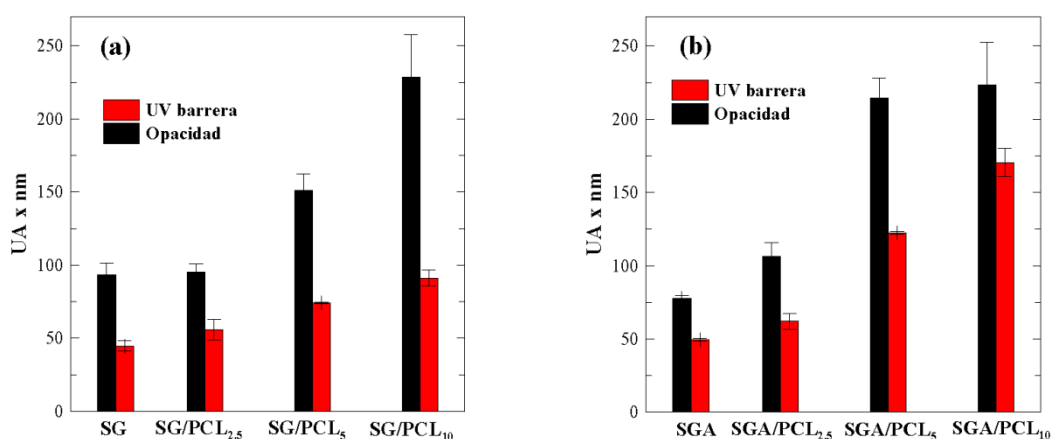
**Tabla 1.** Caracterización térmica de los materiales obtenidos

Muestra	T <sub>g</sub> <sup>(a)</sup> (°C)	T <sub>p</sub> <sup>(b)</sup> (°C)	T <sub>f</sub> <sup>(c)</sup> (°C)	% X <sup>(d)</sup>	T <sub>máx</sub> <sup>(e)</sup> (°C)
<b>SG</b>	-39,1	115,7	Nd	Nd	316,0
<b>SGA</b>	-48,4	131,7	Nd	Nd	300,1
<b>SG/PCL<sub>2,5</sub></b>	-47,9	143,2	57,4	6,3	317,1
<b>SG/PCL<sub>5</sub></b>	-55,9	105,2	58,6	19,8	315,2
<b>SG/PCL<sub>10</sub></b>	-56,8	130,5	58,1	22,8	313,9
<b>SGA/PCL<sub>2,5</sub></b>	-45,7	126,3	Nd	nd	295,4
<b>SGA/PCL<sub>5</sub></b>	-48,9	117,8	57,9	18,1	296,0
<b>SGA/PCL<sub>10</sub></b>	-51,9	144,4	58,4	27,8	295,8

<sup>(a)</sup> Temperatura de transición vítrea de la fase rica en glicerol (T<sub>g</sub>), <sup>(b)</sup> Temperatura de pico de las matrices de almidón de maíz termoplástico SG y SGA, (T<sub>p</sub>), <sup>(c)</sup> Temperatura de fusión del homopolímero de PCL (T<sub>f</sub>) y porcentaje de cristalinidad (% X), determinadas por DSC,  $\Delta H_{PCL100\%} = 136.1 \text{ J/g}$  (Yam et al 1999). <sup>(d)</sup> Temperatura de máxima velocidad de descomposición (T<sub>máx</sub>) determinada por TGA.

En la Tabla 1 se presentan los valores de máximas temperaturas de degradación correspondientes a las etapas de degradación térmica de cada uno de los componentes constitutivos de las muestras. La muestra SG mostró dos procesos de degradación. La primera pérdida de masa (200-370 °C) se asocia a la degradación de la amilosa y amilopectina, y la segunda (450-550 °C) se atribuye a la combustión de los residuos carbonosos derivados de la primer etapa. (Gustavo F. Perotti et al., 2014). Las muestras SGA, a su vez, presentaron las 2 pérdidas de masa en concordancia con las degradaciones del almidón; la presencia de alginato condujo a un leve desplazamiento (~5 %) de la primera degradación del almidón a menores valores. Por otra parte, la PCL presentó solo un proceso de descomposición térmica alrededor de los 400 °C. Las curvas de degradación mostraron que en el rango 40-120 °C, las películas con mayor contenido de PCL mostraron una menor pérdida de agua, probablemente debido a la hidrofobicidad del homopolímero. Además, la adición de PCL redujo levemente la primera temperatura de máxima degradación de las matrices SG y SGA.

Las películas de SG presentan capacidad de barrera a la radiación UV ya que en el espectro aparece un pico de absorción en el rango de 250-310 nm. En el caso de las mezclas SG/PCL, esta capacidad se vio ligeramente mejorada con la incorporación de 2,5 % p/p de PCL. Sin embargo, para 5 y 10 % p/p la absorción UV aumentó en ~ 50 %, comparado con las películas de SG. Un efecto similar se observó en las películas procesadas con alginato (SGA), en las cuales se observó un aumento de casi tres veces de su capacidad de absorción UV con la incorporación de 5 y 10 % p/p de alginato. En todos los casos la opacidad se incrementó con la cantidad de PCL presente en las mezclas. Asimismo, las mezclas SG/PCL mostraron una coloración amarilla similar a la película de SG, independientemente de la cantidad de PCL agregada. El parámetro *L* se redujo ligeramente a medida que el contenido de PCL aumentó. Las mezclas SGA/PCL mostraron mayores valores de *b*, proporcionales a la cantidad de PCL agregada, obteniéndose películas de color amarillo a naranja suave.



**Figura 3.** Barrera UV (rojo) y opacidad (negro) determinadas en las películas de SG (a) y SGA (b) con 2,5; 5 y 10 % p/p de PCL

## 5. Conclusiones

En este trabajo se prepararon mezclas de almidón de maíz termoplástico, procesado en presencia de dos plastificantes (glicerol y alginato de sodio) y poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL). Todas las formulaciones ensayadas se procesaron de manera eficiente por el método de mezclado en fundido y se demostró la factibilidad de moldear por inyección las muestras procesadas. A partir de las probetas se obtuvieron películas flexibles por termo-compresión, fáciles de manipular. La incorporación de PCL a la matriz SG provocó un corrimiento de la  $T_g$  hacia valores más bajos, mientras que el caso de las mezclas SGA/PCL el efecto resultó menos marcado. La presencia de PCL provocó un leve corrimiento de las temperaturas de la primera degradación térmica del almidón hacia menores valores. La capacidad de absorción de radiación UV de las películas de SG y SGA aumentó considerablemente con la adición de PCL. En conclusión, la factibilidad de obtener mezclas de almidón de maíz termoplástico con PCL es una opción interesante, que permitiría mejorar las propiedades finales de los materiales a base de almidón sin resignar el carácter biodegradable de los mismos.

## 6. Bibliografía

- Albertsson, A.C., Varma, K, (2003). Recent Developments in Ring Opening Polymerization of Lactones for Biomedical Applications. *Biomacromolecules*, 4: 1466-1486.
- Balsamo, V., Gouveia, M. L., Herrera, L., Laredo, E., Méndez, B.(2004). Miscibilidad en mezclas de poli(estireno-co-anhídrido maleico) y poli ( $\epsilon$ -caprolactona) (SMA/PCL). *Revista Latino-americana de Materiales*, 1: 17-30.
- Cai, J., Xiong, Z., Zhou, M., Tan, J., Zeng, F., Meihuma, Xiong, H. (2014). Thermal properties and crystallization behavior of thermoplastic starch/poly( $\epsilon$ -caprolactone) composites. *Carbohydrate Polymers*, 102: 746-54.
- Castillo, L., López, O., López, C., Zaritzky, N., García, M. A., Barbosa, S., & Villar, M. (2013). Thermoplastic starch films reinforced with talc nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 95(2): 664-74.
- Contreras, R. J., Carrillo, M., Balsamo, V., Torres, C., Carrasqueño, L. (2007). Estudio preliminar de la síntesis secuencial y caracterización de terpolímeros abc basados en isopreno, estireno y  $\epsilon$ -caprolactona. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y*

Materiales, 27(1): 41-51.

Córdoba, A., Cuéllar, N., González, M., & Medina, J. (2008). The plasticizing effect of alginate on the thermoplastic starch/glycerin blends. *Carbohydrate Polymers*, 73(3): 409-416.

Lencina, M. M. S., Iatridi, Z., Villar, M. A., & Tsitsilianis, C. (2014). Thermoresponsive hydrogels from alginate-based graft copolymers. *European Polymer Journal*, 61: 33-44.

López, O. V., Lecot, C. J., Zaritzky, N. E., & García, M. a. (2011). Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. *Journal of Food Engineering*, 105(2): 254-263.

Gustavo F. Perotti, A., Jairo Tronto, b Marcos A. Bizeto, C., Celly M. S. Izumi, D., Marcia L. A. Temperini, a Ademar B. Lugão, e D. F. P., And, & Constantino, V. R. L. (2014). Biopolymer-Clay Nanocomposites: Cassava Starch and Synthetic Clay Cast Films, 25(2): 320-330.

Xu, Z., & Zheng, S. (2007). Morphology and thermomechanical properties of nanostructured thermosetting blends of epoxy resin and poly( $\epsilon$ -caprolactone)-block-polydimethylsiloxane-block-poly( $\epsilon$ -caprolactone) triblock copolymer. *Polymer*, 48(20): 6134-6144.

Yam, W. Y., Ismail, J., Kammer, H. W., Schmidt, H., & Kummerlo, C. (1999). Polymer blends of poly ( $\epsilon$ -caprolactone) and poly (vinyl methyl ether) – thermal properties and morphology. *Polymer*, 40: 5545-5552.



## **19TCam - GESTIÓN DEL RIESGO EN LA GASIFICACIÓN TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA**

**ZALAZAR, D.<sup>1</sup>; MUÑOZ, G.<sup>1</sup>; ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, R.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín 1109 Oeste-(5400) Capital, San Juan. Argentina. E-mail: rrodri@unsj.edu.ar**

### **Resumen**

Se identificaron y se analizaron los peligros durante la gasificación de residuos provenientes de la industria vitivinícola con el objetivo de determinar sus consecuencias y evaluando la ocurrencia de cada uno de ellos. Se describió el ámbito de aplicación como así también el procedimiento de evaluación de riesgo utilizado. Se identificaron los riesgos presentes en el proceso de gasificación en lecho fluidizado y se describieron diferentes medidas relacionadas con el diseño de la planta con el objetivo de eliminar los riesgos en lugar de controlar el peligro, aplicando principios de ingeniería que se aplican al diseño, proporcionando además equipo de protección personal (Ley Nacional 19587, Decreto 351/79).

### **1. Introducción**

La agroindustria es una de las actividades más importantes de Cuyo. Ésta debe conjugar: rentabilidad con protección del medio ambiente y las demandas de los consumidores en función a la calidad y seguridad alimentaria. Por ello, es imprescindible gestionar los recursos propios y conducir a una explotación sustentable. Por otra parte, las consideraciones económicas y ecológicas exigen utilizar procesos de conversión térmica que generen productos con altos valores de energía. Entre estos procesos se puede mencionar la gasificación de residuos agroindustriales realizada en lecho fluidizado (LF), la cual tiene dos ventajas, a) la generación de energía y b) la minimización de problemas ambientales. Además, posee altos rendimientos transformando los residuos sólidos en gas de síntesis. Los riesgos asociados al uso de un gasificador de LF son varios y se relacionan con diferentes fuentes. Se recomienda una evaluación adecuada de los riesgos (ER). La misma tiene por objeto proteger a los trabajadores y a la planta. Durante la fase de planificación debe realizarse una ER con el fin de mejorar el diseño conceptual de la planta.

Hristov (2001) identificó los riesgos relacionados con la combustión en LF, aplicándose a las siguientes áreas: combustión de materiales tóxicos y peligrosos en LF, peligro de explosión de polvos de diversos materiales a granel, en diferentes instalaciones de manejo, conteniendo diversos combustibles para el LF, riesgo operacional y frecuentes fallas de puesta en marcha del reactor, contaminación del aire y de carbón y biomasa combustionados en el LF. Sin embargo, la tecnología de gasificación de la biomasa, particularmente de residuos de la industria vitivinícola, difiere de esta tecnología, ya que implica intrínsecamente la producción, tratamiento y utilización de gases inflamables y mezclas de gases tóxicos, por lo tanto, se debe realizar una evaluación adecuada de los riesgos (Austerman y Whiting, 2007).

En este trabajo se identificaron todos los peligros, evaluando la probabilidad de ocurrencia de cada evento peligroso. Todos fueron analizados para determinar sus

consecuencias, ej. incendios, explosiones, emisiones, etc. Luego, se identificaron aquéllos inaceptables, los cuales requieren la aplicación de medidas de reducción.

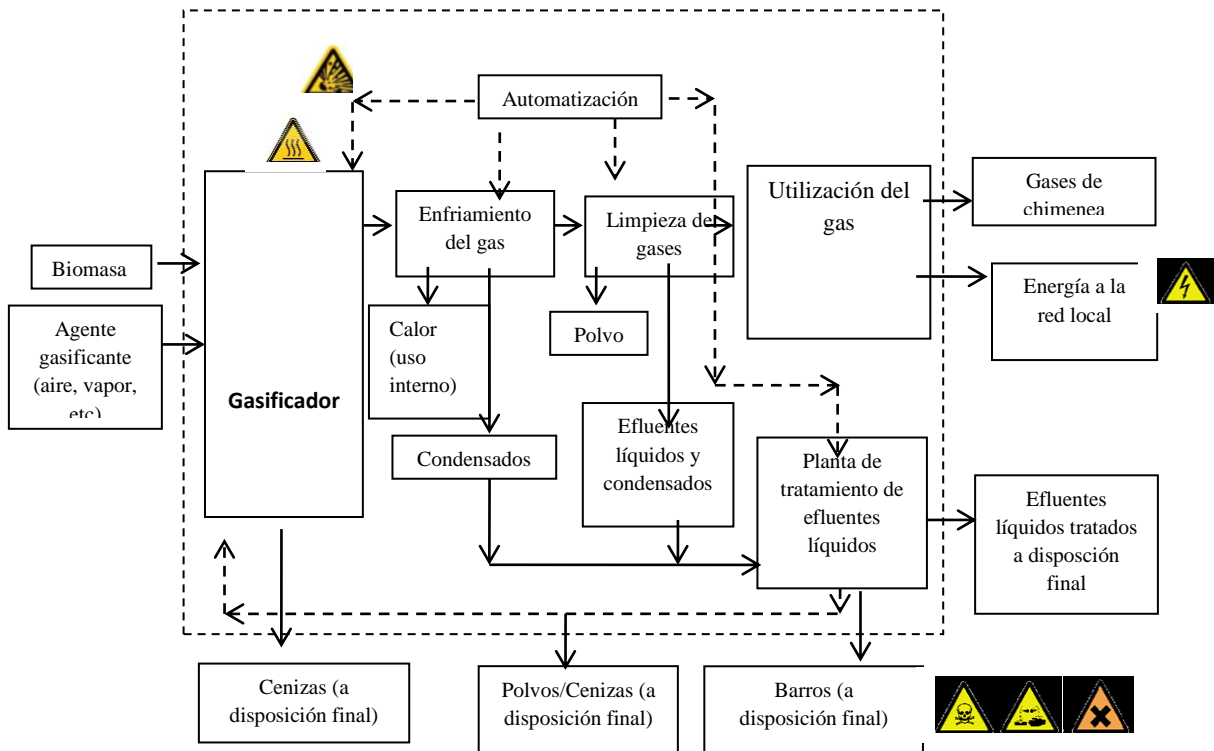
## **2. Metodología: Ámbito de aplicación y procedimiento de evaluación de riesgos aplicados a las plantas de gasificación de residuos de la industria vitivinícola**

La gasificación de biomasa, especialmente de residuos de la industria vitivinícola, es una tecnología bastante compleja y relativamente nueva, y las plantas que usan este proceso deben cumplir con las leyes nacionales de seguridad. Los diferentes pasos del proceso y los posibles aspectos de seguridad, salud y medio ambiente de una planta típica se observan en la Figura 1. El enfoque elegido de ER se basa en el análisis funcional de la planta. Éste sigue principalmente el estudio de peligros y operatividad (HAZOP) y el método de los efectos del modo de falla y análisis de criticidad (AMFE). En muchos casos, la ER se refiere a un sistema muy complejo, que contiene un gran número de partes de la planta y funciones en su mayoría, independientes. Al subdividir el proceso en unidades de proceso (Ej. almacenamiento de combustible, manejo, alimentación, gasificador, enfriamiento, acondicionamiento limpieza y utilización de gases), el sistema complejo se simplifica, y es posible realizar un análisis por separado de cada función. En este trabajo se consideraron las siguientes etapas del proceso y componentes del sistema: almacenamiento y manipulación de combustible, transporte del mismo y alimentación, reactor de gasificación, acondicionamiento del syngas (limpieza y refrigeración), utilización de gas (motor generador), automatización y control y servicios auxiliares.

## **3. Identificación de peligros y consecuencias**

El proceso de gasificación está relacionado con la producción, utilización y manipulación de compuestos tóxicos e inflamables. Los eventos peligrosos pueden ser de diferente naturaleza: condiciones anormales de operación (temperatura y presiones), fallos de los equipos, fuga, errores del operador, pérdida de la contención, etc. El CO es muy tóxico y puede ser peligroso para la vida. Pequeñas concentraciones pueden causar dolor de cabeza, mareos y náuseas (Basu, 2010). También existe el riesgo de explosión, si se produce una chispa y las concentraciones de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> son adecuadas. Por otra parte, una concentración específica de polvo y una fuente de ignición puede provocar una explosión del mismo. El syngas obtenido durante el proceso puede también producir una auto-ignición a temperaturas de 600-650°C. Durante la reparación del reactor, se puede producir una explosión, si todavía hay gas en el interior del mismo. Para el almacenamiento y transporte de gas producto también es necesario seguir las normas de seguridad. Las presiones mayores a las de presiones regulares de trabajo, pueden producir escapes de gas y en consecuencia, intoxicaciones. Además del CO, también existen otros compuestos peligrosos producidos en el gasificador, tales como los hidrocarburos policíclicos aromáticos, los cuales son cancerígenos. Un inadecuado sistema de control de las variables de operación puede causar importantes consecuencias (Radian, 1995), tales como la emisión de sustancias tóxicas que pueden salir del reactor o disminuir la calidad del syngas. Los fallos de funcionamiento, en el reactor y bombas, también pueden causar fugas de gases. En equipos como turbinas de gas donde se utiliza el syngas producido, éste debe ser inyectado a presiones entre 10 y 25 atm. Los altos valores de esta variable de operación y sus fluctuaciones causan daños al material y a los equipos del proceso y por lo tanto, puede ser un riesgo de

fugas. Las altas temperaturas, las cuales oscilan entre 750-900 °C, pueden causar problemas en los materiales de construcción y mal funcionamiento o auto-ignición de algunas mezclas de gases.



**Fig. 1** Aspectos de seguridad, salud y ambiente potenciales de las plantas de gasificación.

La gasificación de residuos presenta varios riesgos laborales de distinta índole: físicos, químicos, biológicos, ambientales, mecánicos, psicosociales, etc. La mayoría de ellos no son específicos. Ej.: resbalones y tropiezos, choques, caídas desde altura, golpes por objetos, transporte laboral, luz, ruido, vibraciones, iluminación, aire comprimido/fluidos a alta presión, espacios confinados, estrés por frío, estrés térmico, aplastamientos, cortes, fricción y abrasión, movimientos de vehículos, impactos, partes móviles, estrés laboral, etc. El operario debe ser consciente de los diferentes aspectos de los riesgos laborales, así como de las normas nacionales relacionadas con los mismos, y tomar las medidas apropiadas (Timmerer, 2007). Cada actividad dentro de la planta tiene asociado riesgos profesionales inherentes y específicos, destacándose: fuego, explosión y deflagración, sustancias tóxicas, etc. Además se presentan en dicho proceso la posibilidad de emisiones al ambiente descritas en la Tabla 1 (Moreno and Dufo, 2013).

#### 4. Buenas prácticas

Es aconsejable emplear principios de ingeniería que se aplican al diseño como una jerarquía para eliminar un riesgo en lugar de controlar el peligro, proporcionando además equipo de protección personal (Ley Nacional 19587, Decreto 351/79). Sólo se exponen las consideraciones relacionadas con el diseño de la planta.

**Tabla 1.** Emisiones potenciales durante el proceso de gasificación.

Sustancia	Fuente	Emitida a:
Material Particulado	Almacenamiento de combustible y su manejo.	Aire
	Tratamiento de efluentes líquidos.	Agua
	Manejo de cenizas y polvos.	Aire
	Tratamiento de agua.	Agua
	Drenaje del lugar.	Agua
	Purga de caldera.	Agua
	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
Óxidos de azufre	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
Óxido de nitrógeno	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
Óxidos de carbono	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
	Tratamiento de efluentes líquidos.	Aire
Compuestos orgánicos	Almacenamiento de combustible y su manejo.	Aire, agua, suelo
	Tratamiento de efluentes líquidos.	Agua
	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
	Tratamiento de agua.	Agua
	Drenaje del lugar.	Agua
Ácidos, álcalis, sales	Tratamiento de efluentes líquidos.	Agua
	Tratamiento de agua.	Agua
	Purga de caldera.	Agua
Orgánicos volátiles	Almacenamiento de combustible y su manejo.	Aire
	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
Sulfuro de hidrógeno	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
Amoníaco	Manejo del syngas y tratamiento.	Aire
	Tratamiento de efluentes líquidos.	Agua
Metales y sus sales	Tratamiento de agua.	Agua
	Purga de caldera.	Agua

### Buenas prácticas de diseño relacionados con la construcción de edificios de la planta

En el diseño de los edificios de planta se debe considerar una serie de medidas de salud, seguridad y ambientales:

- La instalación de almacenamiento de combustible debe ser separado del edificio donde se lleva a cabo la gasificación utilizando una cortina de fuego de alto rendimiento.
- Las salas de control y personal deben estar separadas del resto de la planta debido a incendios, explosiones y riesgos de emanación de gases tóxicos.
- Las salas de control deben tener ventilación con presión positiva.
- El edificio de gasificación debe estar ventilado y los flujos monitoreados o verificados en todas las áreas operativas críticas.
- Debe haber dos rutas de escape desde cada punto dentro del edificio exterior.
- Todas las zonas clasificadas como peligrosas deben ser claramente identificadas con una señal de advertencia.
- Equipos que producen ruidos mayores a un determinado nivel sonoro, como compresores o motores, deben ser colocados en lugares con aislamiento acústico (Ley 19587 Decreto 351/79 )

### Buenas prácticas de diseño relacionados con los equipos de proceso

#### *Elección del material*

- El material del reactor, las válvulas y cañerías debe ser de buena calidad.

- Se debe usar acero inoxidable resistente a la temperatura y presión de trabajo, u otro material apropiado para construir el gasificador y el sistema de enfriamiento y limpieza de gases.
- Se debe usar acero inoxidable resistente a diferentes sustancias químicas para el sistema de limpieza de los gases y la circulación del mismo.

#### *Estanqueidad del gas*

Este aspecto es importante para evitar el escape de gas y la entrada de aire, lo que puede conducir a la formación de mezclas explosivas y/o liberación de gases tóxicos. Las siguientes prácticas de ingeniería son adecuadas para garantizar la estanqueidad gaseosa (Siebenhofer, 2003):

- Se prefiere el uso de conexiones soldadas por encima de las bridas, en particular para tuberías calientes por encima de 500 ° C. El material de la brida debe ser adecuadamente resistente a las sustancias químicas y a la temperatura.
- Todas las tuberías, agregados, aparatos de medida tienen que ser de materiales adecuados, de acuerdo a las condiciones de operación a las que estén sometidos.
- Se debe usar el material adecuado con respecto a la resistencia química, temperatura y presión, corrosión, tamaño de partícula.

#### *Válvulas*

- Toda entrada de aire y salida del gas hacia o desde el gasificador, incluyendo el sector de alimentación de combustible y el motor deben estar equipados con dispositivos de bloques o de válvulas anti-incendio en serie.
- Cuando las válvulas están en contacto con el syngas pueden quedar atascadas.
- Las válvulas usadas a modo de seguridad en caso de paradas por falla o emergencia deben ser del tipo a prueba de fallos.
- Las válvulas de la cañería de aire, filtros y ciclones debe tener micro-interruptores.
- No se deben usar válvulas manuales ya que podrían detectarse malos funcionamientos o válvulas críticas.

#### *Dispositivos eléctricos*

- Se recomienda conectar a tierra eléctricamente todas las partes del gaseoducto.
- El controlador lógico programable debe estar conectado a tierra correctamente a fin de evitar el mal funcionamiento y accidentes.
- Se recomienda una separación galvánica de la alimentación eléctrica de los dispositivos de medición.
- Se recomienda conectar los controladores lógicos programables con fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS).
- Se debe duplicar la medición de parámetros de operación en los puntos claves de la planta (temperaturas críticas, presiones, etc) para su monitoreo utilizando un sistema de medición secundario durante caso de emergencia o en caso de fallo del sistema principal del controlador lógico programable.
- La entrada de gas o aire en los motores debe estar puesta a tierra, y se deben usar cables blindados para evitar averías eléctricas que podrían causar detonaciones en el sistema de admisión.
- Debe haber interruptores de seguridad e interruptores locales en: partes giratorias, paneles de acceso; equipos de presión, válvulas críticas con acceso a equipos que contienen gases tales como alimentadores, ciclones y salida de cenizas.
- Se debe considerar el uso de la zona de parada de emergencia.

#### *Dispositivos de control y seguridad*

- Se deben instalar detectores de CO en los sectores con equipos que contengan el gas de síntesis, los cuales den una indicación de alarma sobre 25/50 ppm de CO.
- Los sensores de temperatura y presión deben instalarse por duplicado o triplicado. Se debe estimar la probabilidad de falla.
- Los intercambiadores de calor entre el gas y el aire forman una posible fuente de riesgo en caso de fugas, debido, por ejemplo a grietas térmicas o corrosión. Sucede lo mismo para juntas de dilatación en las tuberías soldadas a lo largo. Se deben evitar los peligros de este posible mal funcionamiento diseñando correctamente el equipo y colocando sensores de temperatura y O<sub>2</sub> aguas abajo que detecten las fugas.
- No debe existir la posibilidad de manipular los dispositivos relacionados con la seguridad.
- Todos los valores de alarma deben ser especificados en el manual de paradas de la planta.
- Los sensores de temperatura deben instalarse antes y después de los componentes del sistema del reactor principal de la planta. Las temperaturas para el funcionamiento de diferentes equipos, optadas y permitidas, deben estar disponibles para los operadores en el manual de la planta con los niveles de alarma correspondiente.

#### *Partes móviles o rotatorios de la planta*

- Las partes móviles de la planta, tales como cintas transportadoras y motores pueden generar riesgo de explosión de gas. Deben ser aislados y equipados con signos visibles y parada de emergencia.
- En standby, debe realizarse mantenimiento de los sopladores de gas y otros equipos rotativos en la línea del syngas, de lo contrario éstos pueden corroerse o se produce la condensación de alquitrán, lo que dará lugar a su descomposición posterior.

#### *Superficies calientes*

- La planta puede tener algunas superficies calientes, las cuales podrían generar un riesgo de explosión de gas o polvo o de un contacto accidental con el operador. Los equipos que ocasionan un riesgo ocupacional debido a las altas temperaturas deben ser adecuadamente identificados y protegidos (aislados) para disminuir el riesgo.
- Es necesario capacitar al personal en temas relacionados con los riesgos ocasionados por las superficies calientes y el uso de equipos de protección personal.

#### *Sistema de combustión de gases*

- La antorcha o un dispositivo similar para quemar gases se utiliza cuando la calidad del syngas no es buena y no se puede utilizar en el motor, o en caso de fallo del motor.
- En caso en que las válvulas estén en contacto con el syngas pueden atascarse, en ese caso, el gas debe quemarse automáticamente.
- El gasificador debe poseer venteo de gases ya que la tubería debe purgarse.
- La antorcha debe estar equipada con: sistema de ignición automático, monitoreo de llama con alarma, cierre hidráulico.

#### *Equipo de seguridad*

Los siguientes equipos de seguridad o herramientas deben estar presentes en cada sector separado y/o edificio de la planta (Ley Nacional 19587, 1972):

- Equipos de detección y supresión de incendio que posean especificaciones técnicas reconocidas internacionalmente para cada tipo y cantidad de materiales inflamables y combustibles almacenados.
- Sistema de detección de CO.
- Equipos de lucha contra incendio.
- Equipos de protección personal: protectores de oído, anteojos de seguridad, guantes, protectores del sistema respiratorio, detectores personales de CO.
- Equipos de emergencia: duchas, kit de primeros auxilios.

## 5. Conclusiones

La gasificación es una tecnología comercial, sin embargo, las plantas existentes son de pequeña envergadura. En la actualidad existen numerosos proveedores de este tipo de plantas de gasificación. El gas producto de este proceso se puede utilizar para la producción combinada de calor y energía o como combustible para el transporte en vehículos, o puede ser convertido en combustibles líquido. A pesar de las múltiples aplicaciones, en este trabajo sólo se ha considerado el uso de syngas para la obtención de energía.

En este caso, se ha aplicado el concepto de análisis de riesgo al proceso de gasificación de biomasa. Se ha hecho hincapié en todas las etapas de este proceso tecnológico y se han identificado los riesgos y peligros potenciales, considerando desde el almacenamiento hasta la producción de energía y se han planteado medidas que disminuyen y/o eliminan los riesgos y la ocurrencia de accidentes e incidentes.

## 6. Referencias

- Austerman S, Whiting K. (2007). Advanced Conversion Technology (Gasification) For Biomass Projects. Commercial Assessment. Report produced by Juniper Consultancy Services Ltd for Renewables East. Available from: [www.renewableseast.org.uk/uploads/Renewables-East---Gasification-\(Full-Report\).pdf](http://www.renewableseast.org.uk/uploads/Renewables-East---Gasification-(Full-Report).pdf).
- Basu P. (2010) Biomass Gasification and Pyrolysis. Elsevier Science Publishing Co Inc. 376 p. ISBN: 978-0-12-374988-8.
- Radian A. (1995) Study of Toxic Emissions From A Coal-Fired Gasification Plant, Final Report, Radian Corp., Austin, TX, Report Number DOE/PC.93253-T2.
- Timmerer H. (2007) Anlagensicherheit und Prozessführung für thermische Biomassevergasungs-KWK-Anlagen mit gestufter Gaserzeugung, Institut für Wärmetechnik, TU Graz.
- Moreno J., Dufo J. (2013). Life cycle assessment of hydrogen production from biomass gasification. Evaluation of different Spanish feedstocks. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 38, I.18: 7616-7622.
- Ley Nacional N° 19587. (1972). Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Siebenhofer M. (2003). Sicherheitstechnik verfahrenstechnischer Anlagen; VTU Engineering - TU Graz; Vorlesungsskriptum; Grambach/Graz.

## **20TCAm - GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA**

**SAFFE, M.<sup>1</sup>; ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; PALACIOS, C.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, R.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador San Martín 1109 Oeste-(5400) Capital, San Juan. Argentina. E-mail: rrodri@unsj.edu.ar**

### **Resumen**

En la vitivinicultura se generan grandes volúmenes de residuos sólidos que producen importantes impactos ambientales, que sumado al interés internacional cada vez mayor en el desarrollo de tecnologías que permitan la explotación de fuentes de energía renovables, impulsaron el siguiente trabajo. El objetivo planteado es la caracterización de orujos y escobajos para su reutilización y revalorización, a través de la obtención de energía por medio de la gasificación

Se realizaron los análisis elemental e inmediato y se predijo el poder calorífico, se determinaron concentraciones de metales pesados en ellos y en el residuo sólido proveniente de la gasificación (cenizas). Además se realizaron test de lixiviación para determinar la movilidad de los metales pesados desde la matriz mineral de los residuos provenientes del tratamiento térmico. De los resultados obtenidos se puede concluir que las cenizas pueden reutilizarse para la generación de energía o como fertilizantes.

Para entender el proceso de descomposición y las variables operativas que tienen influencia se determinaron los parámetros cinéticos usando un método basado en la linealización de la ecuación de Arrhenius. El modelo planteado para la descomposición en atmósfera oxidativa muestra un buen ajuste con los datos experimentales obtenidos.

### **1. Introducción**

La industria vitivinícola produce un importante impacto medioambiental en zonas geográficas concretas debido a los desechos que produce, aunque no debemos dejar de reconocer su importancia en la economía de ciertas regiones, como en la Región Cuyo, Argentina. Luego de la elaboración de vino se deja una gran cantidad de residuos sólidos, principalmente orujo y escobajo, que producen un impacto ambiental significativo. En el año 2013 en la región de Cuyo se procesaron 2.712.294 Tn de uva que produjeron alrededor de 542.458 Tn de desechos. Estos residuos tienen cantidades importantes de materiales lignocelulósicos por lo que pueden utilizarse para la generación de energía.

Por otra parte, las consideraciones económicas y ecológicas cada vez nos exigen utilizar procesos de conversión térmica que generen productos con altos valores de energía. Entre estos procesos se puede mencionar la gasificación de residuos agroindustriales realizada en lecho fluidizado. Este proceso tiene dos ventajas fundamentales, en primer lugar, la generación de energía y en segundo, la minimización de problemas ambientales.



Durante la gasificación la mayor parte de la materia orgánica es convertida en especies gaseosas de bajo peso molecular ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{CH}_4$ ), pero también se produce tar y cenizas. Estas pueden estar enriquecidas con metales pesados, por lo cual se debe estudiar la presencia de los mismos en los residuos y en sus cenizas.

Las características de la biomasa tales como humedad, cenizas, materia volátil, elementos inorgánicos, componentes estructurales, poder calorífico, tamaño de partícula y la densidad son de gran importancia en la comprensión de los cambios que se producen en la estructura química de los residuos de biomasa, lo que afectará su rendimiento cuando se expone a temperaturas elevadas durante la conversión termoquímica (Omar et al., 2011).

Los modelos matemáticos para predecir el rendimiento de tratamiento térmico requieren el conocimiento de la cinética de reacción de la volatilización de la biomasa y las reacciones posteriores. El análisis termogravimétrico (TGA) es una de las técnicas utilizadas para el examen de la descomposición de los sólidos, y se ha utilizado ampliamente para investigar el comportamiento de descomposición térmica de los diferentes tipos de biomasa (Shen et al., 2010; Meiyen et al., 2014; Nozomu y Jun-ichiro, 2014).

## 2. Objetivo

Considerando lo anteriormente expuesto, es que en este trabajo se llevó a cabo la caracterización de residuos sólidos provenientes de la industria vitivinícola para su reutilización y revalorización, a través de la obtención de “energía” por medio de la tecnología de “gasificación” en lecho fluidizado. Se determinó también, la presencia de metales pesados en los residuos sólidos vitivinícolas y sus cenizas, como así también su movilidad desde la matriz mineral. Estos estudios permiten determinar la disposición final de los residuos provenientes de la gasificación. Además, se determinó el mecanismo de reacción de descomposición en atmósfera oxidativa, obteniendo los parámetros cinéticos correspondientes y prediciendo la influencia de diferentes variables de operación para obtener resultados que contribuyan al diseño del reactor.

## 3. Metodología y Resultados

### 3.1. Caracterización de los residuos sólidos provenientes de la industria vitivinícola

*Análisis inmediato:* Se determinó la pérdida de peso a  $105^\circ\text{C}$  de acuerdo a la Norma ASTM D3173-87, el contenido de cenizas y materia orgánica de acuerdo a la Norma ASTM D3172-89(02) (Tabla 1). La concentración de Cd, Cr y Pb en escobajo, orujos y en sus cenizas, requiere una descomposición previa de las muestras a efectos de solubilizar los mismos, para ello se utilizó la digestión vigorosa de la EPA (US Environmental Protection Agency, 1982). La concentración de los metales pesados se realizó mediante un espectrofotómetro de luz visible (Espectrómetro portátil Dataloging HACH DR/2010). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

El poder calorífico superior se estimó usando la correlación propuesta por Channiwala y Parikh (Channiwala et al., 2002) fue utilizada para calcular el alto valor calefacción:

$$HHV \left[ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] = 0.3491C + 1.1783H + 0.1005S - 0.1034O - 0.0151N - 0.0211A(1)$$

Donde C, H, S, O, N y A son el contenido de carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y cenizas en el orujo y escobajo, respectivamente.

**TABLA 1:** Pérdida de peso a 105°C.

Muestra	% Humedad en base seca	% Cenizas base seca	% Mat. orgánica base seca	HHV (kJ/kg)
Escobajos	73.23	6.30	93.7	18335.75
Orujos	55.06	5.08	94.92	20415.43
Composición elemental	Escobajos	C: 46.143 O: 37.594 S:0 H:5.737 N:0.366 A:10.16		
	Orujos	C: 52.91 O:30.41 S:0.03 H:5.93 N:30.41 A:8.81		

**TABLA 2:** Contenido de metales pesados (Cd, Cr y Pb) en los residuos analizados.

Muestra		Cd (mg/ Kg peso seco)	Cr (mg/ Kg peso seco)	Pb (mg/ Kg peso seco)
Escobajos	Crudo	1.25	25.00	75.00
	Cenizas	1.22	15.86	14.07
Orujos	Crudo	0.02	37.50	82.92
	Cenizas	1.43	11.56	30.27

### 3.2. Movilidad de los metales pesados en la matriz mineral de las cenizas

La determinación de la movilidad de los metales pesados es muy importante ya que determina la disposición final. La movilidad del Cd, Pb y Cr se determinó mediante tres ensayos diferentes:

- El ensayo alemán DIN 38 414 part 4 (DEV S4) se usa para clasificar los residuos.
- El ensayo americano EPA TCLP 1311 permite determinar la potencial lixiviación del material orgánico e inorgánico en líquido, sólido y fase múltiple, de los residuos que entran en contacto con las aguas subterráneas, permitiendo conocer la toxicidad de las cenizas. Este test de lixiviación simula las condiciones de un relleno sanitario.
- El ensayo holandés NEN 7341 ayuda a determinar la máxima proporción de metales pesados lixiviada de diferentes residuos tales como las cenizas. El mismo describe la fijación del metal en la matriz mineral.

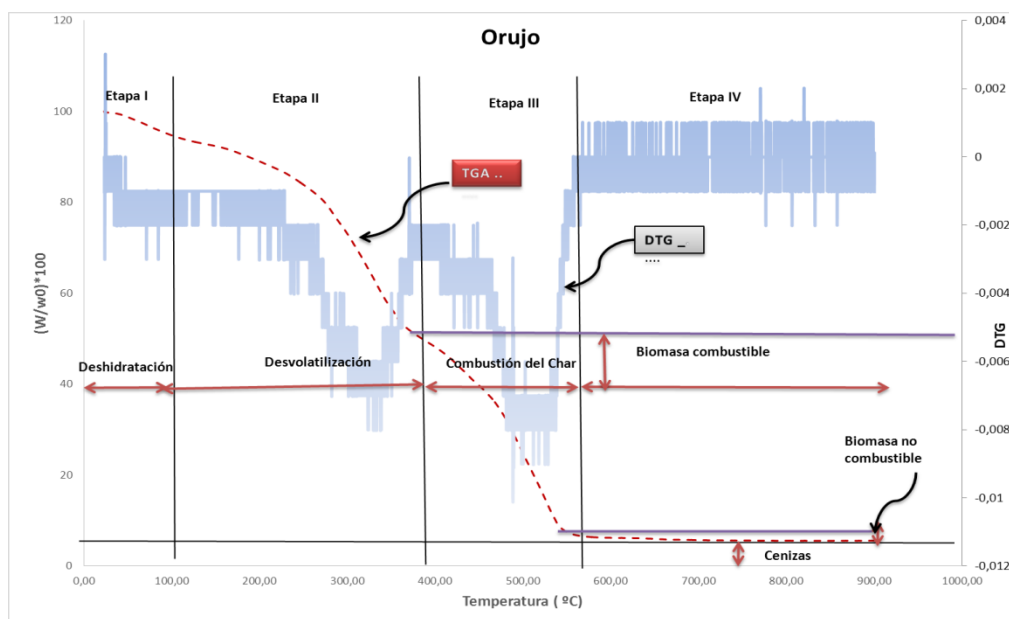
El ensayo DIN utiliza el agente lixivante más débil, agua destilada, y el ensayo NEN el más fuerte, ácido nítrico. La Tabla 3 muestra las condiciones principales de los mismos y los resultados obtenidos.

**TABLA 3:** Características principales de los ensayos de lixiviación. Proporción relativa de los metales pesados estudiados encontrada en la solución lixivante.

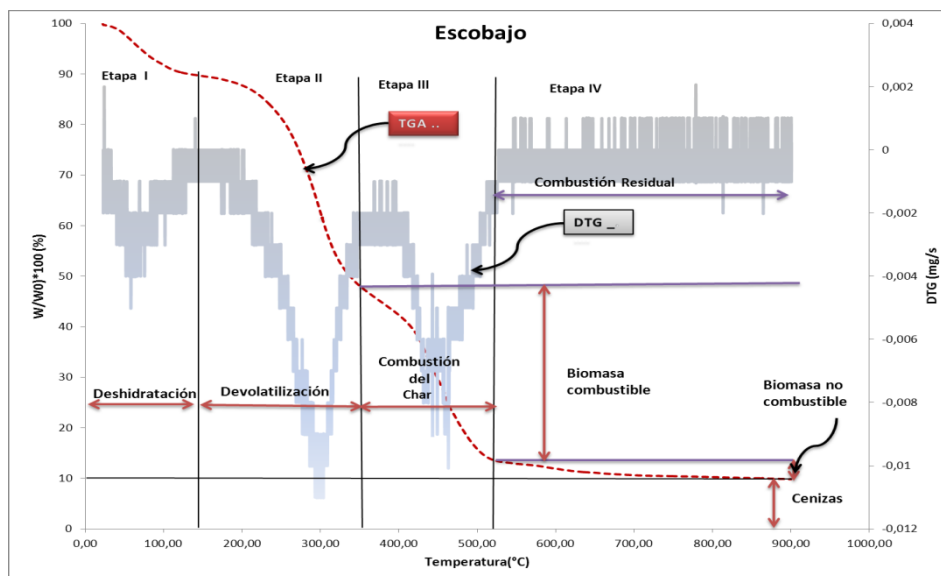
Ensayo de lixiviación	Solución lixivante	Tiempo (h)	Valor final del pH	Residuos	Cd	Cr	Pb
DIN –DEV S4	Agua destilada	24	pH resultante: 9	Escobajo Orujo	66.64% 15.62 %	1.50% 0.33%	2.75 % 5.03%
EPA-TLCP	Ácido acético	18	pH resultante: 4.5	Escobajo Orujo	0.00% 15.62 %	25,00% 6.67%	3,01% 4.04%
NEN 7341	Ácido nítrico	3 (1° etapa) 3 (2° etapa)	7 (1° etapa) 4 (2° etapa)	Escobajo Orujo	33,36% 0.00%	24.00% 3.01%	3.86% 5.52%

### 3.3. Estudio cinético de la descomposición de residuos sólidos vitivinícolas

Se realizó una serie de experimentos termogravimétricos no isotérmicos utilizando una microbalanza TGA-50 Shimadzu bajo atmósfera de aire a 100 mL/min. La velocidad de calentamiento utilizada fue de 10°C/min para los escobajos y orujos, con un intervalo de temperatura de 21 a 900°C. Aproximadamente 12 mg de muestras de escobajo y orujo en forma separada, se colocaron en el equipo. Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas de termogravimetría TGA y las curvas DTG en atmósferas de aire, para el orujo y escobajo respectivamente. Las Figuras 3 y 4 muestran la comparación de los datos experimentales con el modelo obtenido para cada residuo analizado en las etapas de desvolatilización y combustión del char.



**FIGURA 1:** Curvas de TGA y DTG para el orujo en atmósfera oxidativa.

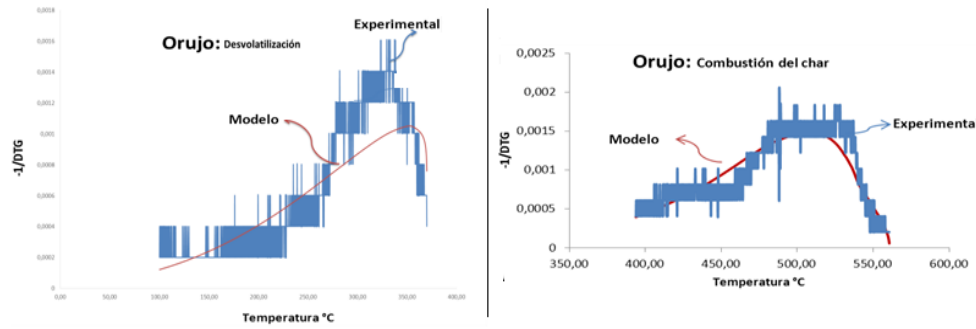


**FIGURA 2:** Curvas de TGA y DTG para el escobajo en atmósfera oxidativa.

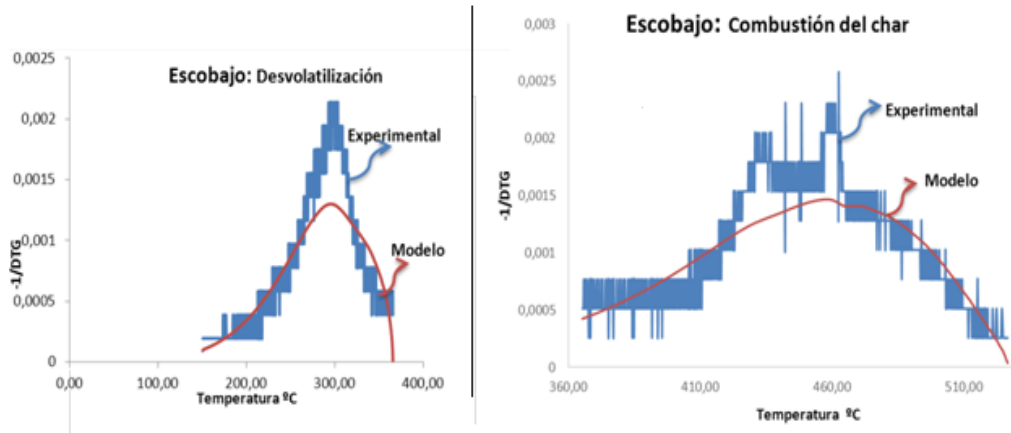
La determinación de los parámetros cinéticos se realizó utilizando el procedimiento aplicado por Karaosmanoğlu et al. 2001. El cálculo de la energía de activación se basa en la ecuación de Arrhenius, la cual ha sido utilizada por muchos investigadores (Kumar et al, 2008.; Munir et al., 2009).

La cinética global de las reacciones se puede modelar como:

$$\frac{dx}{dt} = -kx^n \quad (2)$$



**FIGURA 3:** Curva de DTG obtenidas con el modelo vs curvas de DTG experimentales para el orujo.



**FIGURA 4:** Curvas de DTG obtenidas con el modelo vs curvas de DTG experimentales para el escobajo.

Donde  $x$  es la masa de la muestra,  $k$  la constante cinética de reacción y  $n$  el orden de la reacción. Aplicando la ecuación de Arrheniu (3) en combinación con la ecuación (2), se puede obtener la ecuación (4)

$$k = Ae^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (3)$$

$$\ln \left[ \frac{-1}{w_0 - w_f} \frac{dx}{dt} \right] = \ln(A) - \left( \frac{E}{RT} \right) + n \ln \left( \frac{w_i - w_f}{w_0 - w_f} \right) \quad (4)$$

Nomenclatura:

$W_0$ : es el peso inicial al comienzo de la etapa. [mg]

$W_f$ : es el peso final de la etapa. [mg]

$W_i$ : es el peso en cualquier momento de la etapa. [mg]

$dw / dt$  : la razón entre el cambio del peso con el cambio del tiempo. [mg/s]

A: el factor pre-exponencial. [ $s^{-1}$ ]

R: la constante universal de los gases.

n: orden de reacción.

E: energía de activación.

La ecuación (4) se puede expresar linealmente de la siguiente manera:

$$Y = B + Cx + Dz \quad (5)$$

Donde:

$$Y = \ln \left[ \frac{-1}{w_0 - w_f} \frac{dw}{dt} \right], \quad x = \frac{1}{T}, \quad z = \ln \left( \frac{w_i - w_f}{w_0 - w_f} \right), \quad B = \ln(A), \quad C = \left( \frac{-E}{R} \right), \quad D = n$$

Las constantes B, C, D se obtuvieron realizando para cada etapa una regresión lineal múltiple con los datos de la TGA, utilizando Microsoft Excel.

La forma integral de la ecuación (2) se utilizó para determinar los valores previstos del peso residual utilizando las constantes estimadas. Los valores predichos se compararon luego con las pérdidas de peso residuales obtenidas experimentalmente. Los resultados se muestran en la tabla 4.

**TABLA 4:** Parámetros cinéticos obtenidos para el orujo y escobajo.

ATMÓSFERA OXIDATIVA								
Etapa	Desvolatilización				Combustión del char			
Parámetros	n	Ea (KJ/mol)	A ( $s^{-1}$ )	$r^2$	n	Ea (KJ/mol)	A( $s^{-1}$ )	$r^2$
Escobajos	0,61	43,91	24,03	0,82	0,64	75,83	679,62	0,75
Orujos	0,08	17,97	0,04	0,75	0,53	70,61	134,43	0,79

#### 4. Conclusiones

Los residuos estudiados poseen un alto contenido de humedad, haciéndose necesaria una evaluación del uso de vapor de agua como agente gasificante y los requerimientos de éste para lograr una óptima calidad del gas. Además presentan bajos contenidos de cenizas. Este aspecto tendrá un importante impacto en la cantidad de cenizas volantes y de fondo que se obtendrán del proceso de gasificación. Se observa que los metales pesados estudiados no se encuentran más concentrados en las cenizas, por lo que se deduce que los mismos se desprenden formando parte de la corriente gaseosa, cenizas volantes (nucleación homogénea o heterogénea) o residuo alquitranoso (tar). Los resultados obtenidos en el test de lixiviación de DIN – DEV S4 sugieren que las cenizas de estos residuos pueden ser dispuestas en rellenos sanitarios controlados o usadas en la

construcción de caminos. Los resultados obtenidos en el test de lixiviación de EPA TLCP 1311 clasifican a las cenizas de gasificación de estos residuos como no tóxicos. El proceso de descomposición de los residuos agro-industriales depende de la composición y concentración de los componentes principales, por lo cual las etapas varían de un residuo a otro y es necesaria su determinación para cada tipo de biomasa. Bajo una atmósfera oxidativa, la primera etapa de pérdida de peso que va desde 22,4°C a 144,64 °C para los escobajos, y de 23, 08 a 100°C para los orujos, la cual corresponde a la pérdida de agua y de compuestos volátiles livianos. Durante la segunda etapa, que va desde 150,19 a 365,31°C y de 100,12 a 370,27°C para los escobajos y orujos respectivamente, se produce tanto la pirolisis como la oxidación heterogénea y los compuestos volátiles se liberan. La mayor pérdida de peso se produce en esta etapa 48% para los escobajos y un 45% para los orujos. Por último, la tercera etapa comienza a 365,31 a 526,61 °C para los escobajos y de 393,75 a 560 °C para los orujos. La combustión del char ocurre en esta última etapa, donde la misma muestra un pico ancho y más bajo para los escobajos. En el caso de los orujos este pico es similar al de la etapa de desvolatilización. Durante la última etapa, llamada combustión residual, la velocidad de descomposición es muy baja y la pérdida de peso es casi indetectable para ambos residuos.

## 5. Bibliografía

- ANSI/ASAE S319.3 FEB03. Method of Determining and Expressing Fineness of FeedMaterials by Sieving. 1997.
- Channiwala, S.A. Parikh P.P. A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. *Fuel*, 81(8),2002: 1051-1063.
- Karaosmanoglu, F., Cift, B.D., Ergudenler, A.I. Determination of reaction kinetics of straw and stalk of rapeseed using thermogravimetric analysis. *Energy Sources* 23, 2001: 767–774.
- KumarA.,WangL.,DzenisY.,JonesD.,HannaM.,2008.Thermogravimetriccharacterization of corn stover as gasification and pyrolysis feedstock. *Biomass and Bioenergy*,Vol.32, No 5, pp. 460-467.
- Meiyan Li, Benyi Xiao, Xu Wang, Junxin Liu (2014). Consequences of sludge composition on combustion performance derived from thermogravimetry analysis.
- Nozomu Sonoyama, Jun-ichiro Hayashi (2013). Characterisation of coal and biomass based on kinetic parameterdistributions for pyrolysis *Fuel* 114 -206–215.
- Munir, S., Daood, S.S., Nimmo, W., Cunliffe, A.M., Gibbs, B.M., 2009. Thermal analysisand devolatilization kinetics of cotton stalk, sugar cane bagasse and shea meal under nitrogen and air atmospheres. *Bioresource Technology* 100, 1413–1418.
- NEN 7341 (1993) Determination of the Leaching Behavior of Granular Materials: Availability Test. Netherlands Normalization Institute. Delft, Holanda.
- Omar, R, Idris, A., Yunus, R., Khalid, K. and Aida Isma, M.I.(2011).Characterization of empty fruit bunch for microwave assisted pyrolysis. *Fuel* 90, 1536-1544.
- Shen, D.K., Gu, S., Bridgwater, A.V., 2009. Study on the pyrolytic behaviour of xylan-based hemicellulose using TG-FTIR and Py-GC-FTIR. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 87, I. 2, 2010: 199–206.

## **21TCAm - ESTUDIO DE MERCADO REFERIDO A IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

**ABET, J. E.<sup>1</sup>; CARRIZO, B. R.<sup>2</sup>**

**1. Dpto. Ing. Industrial e Ing. Mecánica. Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Maestro Marcelo López s/n. Ciudad Universitaria. (5000) Córdoba Capital, Córdoba. Argentina.**

**2. Dpto. Ing. Industrial e Ing. Mecánica. Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Maestro Marcelo López s/n. Ciudad Universitaria. (5000) Córdoba Capital, Córdoba. Argentina.**

**E-mail: [bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar](mailto:bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar)**

### **Resumen**

Esta propuesta tiene por finalidad analizar la metodología implementada en un Estudio de Mercado referido a la ubicación óptima de una planta de tratamiento de residuos peligrosos para la región noreste de Córdoba.

Dado que las actividades económicas surgen en el seno de los mercados y en el mismo intervienen circunstancias concretas y variadas que influyen en la Demanda y Oferta de un Producto; este estudio analiza desde los factores geográficos (área del mercado) hasta las sociales (hábitos de consumo); desde los económicos (presión de la competencia) hasta los jurídicos (leyes vigentes).

Para obtener Información destinada a la elaboración de este trabajo, se han aplicado métodos basados en encuestas así como el estadístico.

Inicialmente, se relevaron datos y condiciones actuales del sector industrial de las potenciales zonas en las cuales se emplazará el proyecto.

Se optó por hacer epicentro en Rafaela por ventajas como: grado de desarrollo industrial, demanda potencial de servicio de tratamiento y disposición final de residuos industriales, etc. Una vez establecido el epicentro, se fue abriendo el estudio en forma radial abarcando gran parte de las Provincias de Santa Fe y Córdoba.

Se seleccionó un método de muestreo basado en el uso de encuestas, dada la comparabilidad de los resultados, la simplicidad del método, la duración de las entrevistas y el hecho de que pudieran ser completadas por las personas de interés para el estudio sin las presiones de tiempo que pudiera tener una entrevista personal, entre otros. Las encuestas fueron respondidas por los representantes de Medio Ambiente de cada una de las empresas encuestadas de las diferentes industrias seleccionadas.

Los resultados de las encuestas telefónicas y vía mail, sobre un total de sesenta y tres (63) Empresas solo respondieron efectivamente un 45%, a pesar de las distintas activaciones realizadas. Estas encuestas se enviaron a Empresas seleccionadas y que reunían condiciones de mayor representatividad en cada sector CIU (Código Internacional Industrial Uniforme), ya sea por su tamaño, facturación, impacto social e imagen percibida por el mercado.

Finalmente, se procedió a realizar mediciones objetivas de la industria, tomando como base el CIU y se analizaron los resultados obtenidos en cada sector seleccionado, en base a su representatividad, como: Productos alimentarios, bebidas y tabaco; Textiles, prendas de vestir e industria del cuero; Fabricación de papel y productos; Sustancias Químicas, Caucho y Plástico; Productos Metálicos, Maquinarias y Equipos; y Otras industrias manufactureras.

## **1. Introducción**

La existencia de Información estadística histórica y actual permite Proyectar el comportamiento futuro de las variables que intervienen en el Mercado (demanda, oferta y precio).

Los datos requeridos para el presente estudio se obtuvieron de algunas Organizaciones Económicas Públicas y Privadas, tanto Nacionales como Provinciales; también se encuentran en el propio Mercado y en datos obtenidos en revistas e internet.

En ciertos casos, no es aplicable el Método Estadístico por que no existe información pasada histórica o, porque el servicio es nuevo en el Mercado o la recopilación de datos es difícil. Es decir que, se utilizó el método de muestreo mediante el uso de encuestas dada la comparabilidad de los resultados, la simplicidad del método, la duración de las entrevistas y el hecho de que pudieran ser completadas por las personas de interés para el estudio sin las presiones de tiempo que pudiera tener una entrevista personal, entre otros.

Los especialistas que elaboran encuestas denominan Universo, al conjunto de personas respecto del cual se pretende obtener información, donde el mismo se refiere al sector del mercado, una localización geográfica, un nivel de ingreso, un nivel de edad, etc.

El universo se divide en unidades, de donde se selecciona una muestra que debe ser representativa; la cual tiene relación estrecha con la relación costo/beneficio.

## **2. Objetivo**

El presente estudio tiene como finalidad relevar datos y condiciones actuales del Sector Industrial que faciliten la toma de decisiones referida a determinar cuál será la ubicación óptima de un Centro Integral de Tratamientos de Residuos (CINTRA).

Se optó por hacer epicentro en Rafaela a modo de ejemplo y por varios factores, dentro de los cuales se encuentran equidistantes centros generadores de residuos peligrosos y en volúmenes importantes, además del grado de desarrollo industrial, la demanda potencial de servicio de tratamiento y disposición final de residuos industriales, etc.

Una vez establecido el centro se fue abriendo el estudio en forma radial abarcando gran parte de la Provincia de Santa Fe y Córdoba.

## **3. Metodología**

En nuestro caso de estudio, se tomaría como base la zona Córdoba-Santa Fe, calculando que el tamaño de la muestra podría aproximarse a unas 65 a 70 empresas; teniendo en cuenta que, la región en donde se localizaría el CINTRA debería ubicarse en una zona cercana a ambos mercados.

El tamaño de muestra se construyó tomando como referentes los siguientes valores:

- Córdoba: 15 a 20 encuestas.
- Santa Fe: 35 a 40 encuestas.

Las encuestas realizadas fueron tanto Directas como Indirectas (por teléfono y por e-mail); entendiendo por Encuesta Directa aquella que se efectúa de manera directa al potencial Consumidor. El proceso se inicia cuando el Encuestador se dirige al Consumidor para formularle preguntas, utilizando para ello cuestionarios que fueron elaborados especialmente. Parte de estas encuestas obligaron al Encuestador a trasladarse al domicilio de la Población Consumidora seleccionada en la Muestra.

El cuestionario se confeccionó de manera sencilla, con preguntas que admitían respuestas de “Si” o de “No” o ingresar valores o datos sencillos.



En el desarrollo de la Encuesta Indirecta se utilizó la llamada telefónica, para posteriormente formular las preguntas preparadas con anterioridad. La ventaja de este instrumento es la rapidez en la obtención de información y la posibilidad de entrevistar a un número considerable de personas con pocos encuestadores; pero presenta como desventaja el recelo de las personas a dar Información vía telefónica o por mail.

Las encuestas fueron respondidas por los representantes de Medio Ambiente de cada una de las empresas encuestadas de las diferentes industrias seleccionadas.

Para poder realizar mediciones más objetivas de la industria de la zona analizada se recurrió a clasificar las empresas de acuerdo al Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU) que encuadra por grupo a las empresas de acuerdo a la actividad que desarrollan, por lo cual los sectores encuestados fueron:

- Sector 31: Productos Alimentarios, bebidas y tabaco
- Sector 32: Textiles, prendas de vestir e ind. del cuero
- Sector 34: Fabricación de papel y productos de papel
- Sector 35: Sustancias Químicas, Caucho y Plástico
- Sector 38: Productos Metálicos, Maquinarias y Equipos
- Sector 39: Otras industrias manufactureras

La elección de estos sectores en particular se debe primordialmente a la incidencia sustancial de los mismos en la industria y la economía de las mencionadas provincias.

En cuanto a la muestra tomada se evaluaron un total de 63 empresas, de las cuales solo respondieron efectivamente hasta la fecha un 45%, a pesar de las distintas activaciones realizadas. En cada caso, para el envío de la Encuesta se seleccionaron a las empresas más representativas e importantes de cada sector CIIU, ya sea por su tamaño, facturación, impacto social e imagen percibida por el mercado.

Algunas empresas seleccionadas, por rubro, fueron: Alimenticias, Lácteos, Metalúrgicas, Fundición, Automotrices, Fertilizantes, Petroquímica, Curtiembres, Aguas gaseosas, Cervecería, Calderas- Tanques, Papeleras, Procesamiento de Sangre, Cartones y Frigoríficos.

Dado que el punto de partida fue Rafaela y se fue abriendo radialmente la realización del muestreo como fue explicado anteriormente, la mayor parte de las empresas pertenecen a la Provincia de Santa Fe (46%) y un porcentaje menor a Córdoba (17%).

Cabe aclarar que, para la obtención de datos a analizar, se tomaron tres fuentes a saber:

- Empresas de la ciudad de Rafaela: Trabajo de campo realizado mediante muestreo.
- Empresas de la Provincia de Santa Fe: Información suministrada por Sancor Cooperativa Limitada.
- Empresas de la Provincia de Córdoba: Trabajo realizado en la U.T.N.-F.R.C.

Por lo tanto, las preguntas realizadas difieren en la semántica, sin embargo mantienen el concepto básico.

El análisis de las preguntas y los datos obtenidos se dividirá, por razones didácticas, en tres secciones en concordancia con lo anteriormente expresado:

4.1. Análisis de las empresas de la ciudad de Rafaela

4.2. Análisis de las empresas de la Provincia de Santa Fe

4.3. Análisis de las empresas de la Provincia de Córdoba

#### **4. Resultados**

4.1. Análisis de las empresas de la ciudad de Rafaela

Se realizó un análisis basado en las siguientes preguntas (catorce en total):

Pregunta N° 1: ¿Qué tipo de Residuos genera?

Objetivo: Conocer la conformación de la generación de residuos y de esta manera evaluar la potenciabilidad del futuro cliente. La discriminación se realiza por generación de residuos Sólidos, Semisólidos y Líquidos.

La totalidad de las empresas encuestadas generan residuos de tipo sólido (8,5%), combinado con semisólidos (4%) y líquidos (2,5%). No todas las empresas han definido de la misma manera los residuos semisólidos, por lo cual a fines prácticos se toman aquellos residuos que siendo líquidos se combinan con otra sustancia que les otorga características de fase menos acuosa.

Pregunta N° 2: ¿Cuáles son las Y de control que maneja?

Objetivos: Conocer la conformación ya esquematizada según la normativa vigente de los residuos según su características físico-químicas; y verificar cuál es el grado de conocimiento de la normativa vigente, ya que la clasificación de acuerdo a las Y se relaciona al manejo y comprensión de la Ley Nacional N° 24051 de Residuos Peligrosos, Anexo I Convenio de Basilea Categorías de Desechos a Controlar.

Pregunta N° 3: ¿Qué cantidad de Residuos genera?

Objetivos: Conocer específicamente las cantidades de residuos generados por cada una de las empresas. También en esta ocasión la discriminación se realiza por generación de residuos Sólidos (85,09%), Semisólidos (1,56%) y Líquidos (13,35%).

Claramente se evidenció la predominancia de la generación de residuos sólidos.

Pregunta N° 4: ¿Cómo es la gestión interna de sus Residuos? Posee certificación ISO 14000

Objetivos: Conocer cuáles son las metodologías que las industrias utilizan para la gestión, tratamiento y disposición final de sus residuos en forma interna; así como saber si las empresas han certificado Normas Voluntarias de Aplicación Ambiental como por ejemplo ISO 14000, nos da una referencia de cuales son los potenciales clientes de un emprendimiento de tratamiento integral de residuos, ya que al certificar a las industrias se les hace imperioso cumplimentar los requisitos de la legislación vigente.

A pesar de que, la cantidad de empresas certificadas según Norma ISO 14000 es relativamente baja, creemos que esta tendencia se irá revirtiendo con el pasar del tiempo, ya que cada vez mas es un requerimiento de los grandes clientes y además de esto, brinda ventajas comerciales competitivas, sin mencionar que se convierte en una llave de acceso a mercados exteriores.

Pregunta N° 5: ¿Registra Ud. las fluctuaciones de su generación de Residuos?

Objetivos: Se considera que si existen métodos de cuantificación de residuos a lo largo del tiempo, las empresas tienen conciencia de la problemática que representa la generación de residuos. Y están dispuestas a desarrollar en el futuro políticas más explícitas y eficaces de tratamiento de los residuos.

Resultado: El 56% de las empresas encuestadas tienen políticas de registro de generación de residuos.

Pregunta N° 6: ¿Tiene Ud. una política expresa para disminuir el volumen de sus Residuos?

Objetivos: Esta pregunta responde a la necesidad de relevar datos sobre el manejo medioambiental de las empresas. Con esta pregunta se asume que la existencia de políticas explícitas o implícitas de disminución de residuos demuestran las preocupaciones por la generación.

Resultados: en un 80% todas tienen políticas de reducción de residuos.

Pregunta N° 7: ¿Implementaría un Plan de Disminución de Residuos en el corto plazo?

Objetivos: Surge como contraparte de la pregunta anterior, ya que si la pregunta anterior recibe un respuesta negativa, se necesita saber si existe la conciencia organizacional de la reducción de residuos con los motivo económicos y ambientales planteados en la pregunta anterior. No se obtuvieron respuestas en este punto.

Pregunta N° 8: ¿Cuál es el gasto promedio para gestionar sus Residuos? (en Tn)

Objetivos: Se quiere distinguir aquí el gasto de las empresas en tratamiento y disposición final para comprender las variaciones económicas de estas acciones de gestión.

En cuanto a los gastos por tratamiento de residuos sólidos, son el resultado del gasto producido en el transporte de los contenedores desde las fábricas hasta el Relleno Sanitario Municipal, los depósitos de chatarras, y/o hacia las fábricas de fundición de acero. Solo una de estas industrias gestiona sus residuos por incineración en una planta de tratamiento en San Lorenzo provincia de Santa Fe. La diferencia entre los gastos en tratamiento de residuos de tipo sólidos y de tipo líquido, se debe a la incidencia del alquiler de lagunas de estabilización que realiza una de las empresas para el tratamiento de sus efluentes líquidos de origen orgánico.

Pregunta N° 9: ¿Paga Ud. por el transporte de los Residuos hasta la disposición final?

Objetivos: Al no conocer de forma exhaustiva las particularidades del Sector Industrial, las empresas pagan por el transporte de sus residuos hacia la deposición final.

Pregunta N° 10: ¿Cree Ud. que implementando un Plan de Disminución de generación de Residuos este gasto disminuiría?

Objetivos: Conocer los alcances de las políticas de reducción de residuos en el punto de generación (procesos productivos o puestos de trabajo), sirve de punto de partida para una estimación de la generación futura y en consecuencia de las necesidades de tratamiento. Sin embargo las políticas ambientales sobre generación y reducción de residuos no están definidas taxativamente en las empresas.

Pregunta N° 11: ¿Actualmente qué empresa contrata para tratar sus Residuos externamente?

Objetivos: Esta pregunta esta dirigida a recabar información sobre las empresas que actualmente prestan servicios de tratamiento y disposición final de residuos industriales y/o peligrosos con dos finalidades: Calidad y cantidad de los servicios prestados y Empresas potencialmente competidoras. En este contexto, existen empresas que contratan servicios de tratamiento de residuos por método de incineración, estos servicios son provistos por la empresa IDM en la localidad de San Lorenzo (Santa Fe).

Pregunta N° 12: ¿Dispone de un tratamiento interno para los Residuos que no trata externamente?

Objetivos: En algunas oportunidades la inexistencia de opciones para el tratamiento de residuos con características muy específicas lleva a las empresas a almacenar estos residuos en sus propias plantas, generando pasivo ambiental, hasta que las condiciones de tratamiento sean más favorables para disponerlos.

Por las características específicas de sus residuos, citaremos el caso de una de las empresas que almacena los residuos que no puede tratar externamente por razones tanto de índole técnica como legal. Estos residuos están almacenados en una isla ecológica, clasificados y controlados respondiendo a los requisitos de los objetivos ambientales planteados en el marco de la certificación ISO 14000.

Pregunta N° 13: ¿Contrata otro servicio para la gestión de estos Residuos?

Objetivos: Esta pregunta surge como contraparte de la pregunta anterior, relacionando la necesidad de tener actividades de soporte (alquiler de recipientes, contenedores abiertos

o cerrados, camiones para traslado hasta depósito, etc.) al tratamiento interno de los residuos generados.

Esta pregunta fue respondida negativamente por la totalidad de las empresas.

Pregunta N° 14: ¿De existir la posibilidad de contratar un servicio para los Residuos que trata internamente y/o que el actual servicio que contrata no puede tratar, lo contrataría?

Objetivos: Conocer las intenciones de utilización de un servicio integral de tratamiento de residuos como forma de estimar el potencial del mercado.

Resultados: Intenciones positivas (88,89%) versus negativas (11,11%)

#### 4.2. Análisis de las empresas de la provincia de Santa Fe

Los datos aquí analizados tienen como fuente información brindada por Sancor Cooperativa Limitada. Es por ello que se cuenta solo con cuantificación, clasificación y tipificación tanto de las industrias provinciales como de los residuos por ellas generados.

Localización de las Empresas Relevadas: Las empresas relevadas dentro de este ámbito pertenecen a las siguientes localidades: Esperanza, Frank, Humbolt, Las Toscas, Lehmann, Rafaela, Santa Fe, Sto. Tomé, Sunchales. Las industrias relevadas en la ciudad incluidas en este apartado son industrias frigoríficas e industrias lácteas mayoritariamente.

Generación de Residuos: Está discriminada en residuos Sólidos y Líquidos; ya que los de tipo Semisólidos son asimilados a los de tipo sólido, agregándole algún componente que elimine su proporción líquida, como práctica general en las industrias. La proporción de residuos generados es de 37,18% para Sólidos versus 62,82% para líquidos. La diferencia de generación de residuos de tipo sólido con respecto a los de tipo líquido es la existencia de industrias frigoríficas y lácteas que generan grandes cantidades (en metros cúbicos) de residuo líquidos tanto de sus procesos productivos como de las actividades de apoyo.

Cabe aclarar que, contrariamente a lo observado en los datos recopilados en la ciudad de Rafaela, la generación de residuos sólidos y líquidos se equiparan, lo cual es un reflejo más aproximado de la realidad de la provincia de Santa Fe, dadas sus características de composición industrial.

Clasificación y Tipificación de Residuos: En cuanto a la clasificación de los residuos de acuerdo a su tipo de composición físico-química podemos destacar lo expresado de manera general y aproximada por motivos de confidencialidad por los representantes de medioambiente de las empresas la siguiente lista:

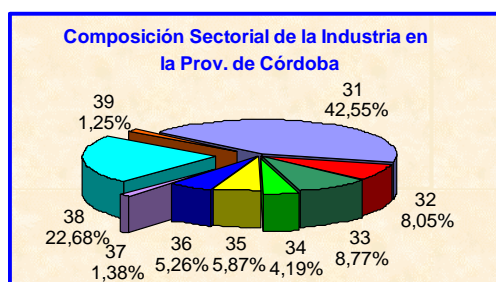
Peligrosos: aceites, pinturas, barros con Cr y Ni, Virutas de metales.

No Peligrosos: decantadores barros activados, víceras y grasas primarias, aguas en procesos industriales.

Se destaca en este punto el desconocimiento de las Y de control propuestas por la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos, Anexo I Convenio de Basilea Categorías de Desechos a Controlar.

#### 4.3. Análisis de las empresas de la Provincia de Córdoba

Se analizó la composición sectorial de la industria en la provincia de Córdoba según la clasificación del CIU.



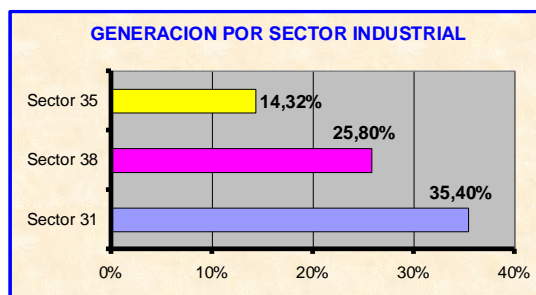
**Figura 1. Industria Cordobesa**

Analizando estos datos, surge que el sector con mayor incidencia en la producción de la provincia es:

Sector 31 “Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco” que representa el 42,55% del aparato productivo cordobés.

Sector 38 “Productos Metálicos, Maquinarias y Equipos” con el 22,68% del total de las industrias de la provincia. Tradicionalmente Córdoba ha sido una provincia destacada en el ámbito de las industrias metálicas básicas, productos metálicos, maquinarias y equipos. La provincia ha sido cuna de grandes empresas automotrices, lo que generó el surgimiento de emprendimientos autopartistas para proveer materias primas y subproductos. Además de la extensa trayectoria en la producción de bebidas y alimentos.

Sector 35 “Sustancias Químicas, Caucho y Plásticos”.



**Figura 2. Participación de los tres sectores industriales más representativos en la generación de residuos.**

El 75.52% total de residuos generados en la provincia provienen de estos sectores industriales, marcando su importancia en la producción local y en la generación de residuos industriales. Se enfatiza que el 83% de los residuos necesita tratamiento de neutralización antes de su deposición final en un relleno sanitario.

Localización de las Empresas Relevadas: Las empresas encuestadas están ubicadas en las siguientes localidades de la provincia: Córdoba Capital, Jesús María, Río Tercero y Montecristo. Se han tomado estas localidades por considerarse que en ellas existen polos industriales representativos de la realidad actual de la provincia.

Generación de Residuos: La generación de residuos está discriminada en residuos: Sólidos, Semisólidos y Líquidos. Se considera que la generación de residuos de tipo sólido es mayor comparada con los otros tipos de residuos por la fuerte presencia de industrias automotrices y petroquímicas dentro del sector industrial provincial.

Clasificación y Tipificación de Residuos: De los datos brindados por los representantes de medioambiente de las empresas se desprende: corrosivos (7,22%), residuos oleosos (4,13%), otros conteniendo metales (2,06%), otros inorgánicos (1,86%), solventes

(1,24%), otros orgánicos (1,24%), tratamiento de metales (2,03%), pinturas (0,82%), residuos patógenos (0,62%), fenoles (0,36%), biocidas (0,12%), adhesivos (0,10%) y mercurio (0,08%).

**Registro de las Fluctuaciones en la Generación de Residuos:** El 100% de las empresas encuestadas registra detalladamente la generación de residuos. Las fluctuaciones se registran a través de histogramas, u otros métodos estadísticos. Las empresas realizan este procedimiento como parte de la puesta en marcha y/o implementación en etapa avanzada del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14000. De las empresas encuestadas el 65% tiene certificación ISO 14000.

**Políticas de Reducción de la Generación de Residuos:** La totalidad de las empresas encuestadas tienen políticas expresas de disminución de sus residuos. Los responsables de Medio Ambiente están convencidos que disminuir sus residuos constituye una mejora en la performance de producción. La mejora continua de los sistemas productivos, parte del Sistema de Calidad, es una herramienta significativa en la disminución de los residuos en el origen. Este punto es un elemento vital de los indicadores ambientales, por lo cual los responsables de medio ambiente colaboran en el diseño, implementación y seguimiento del Sistema de Gestión Ambiental, conjuntamente con el de Calidad.

**Disponibilidad de Opciones de Tratamiento:** La necesidad de tratamiento para residuos que las empresas locales no tratan, no está satisfecha por el mercado. Ya que las empresas encuestadas no contratan servicios de tratamiento alternativo, porque no se encuentran en la plaza. Esto refleja una necesidad insatisfecha en el mercado, planteando el desafío de generar opciones de tratamiento integral para servir a este nicho de mercado.

**Transporte:** Una variable significativa en el presente estudio esta relacionada con la logística del transporte de los residuos desde los distintos centros de generación hasta la planta integral. El costo asociado a la logística cobra un valor significativo a medida que nos alejamos de nuestra planta.

**Distribución y Espacio Geográfico:** Los corredores seleccionados que concentran la gran mayoría de la actividad de distribución de carga por carretera y ferrocarril del país. También incluyen el tránsito fluvial (la actividad de la Hidrovía Paraná-Paraguay) y el movimiento de los puertos más importantes del país.

**Transporte y Carga:** El medio de transporte dominante en la Argentina es el camión.

**Costos de Transporte por Sector:** Los cambios más importantes son el ascenso de los costos de transporte en las ventas en la molienda de trigo y en la producción de aceites y subproductos oleaginosos, y de la soja específicamente. Los datos disponibles sobre la administración de la logística en el nivel de las empresas son muy escasos en la Argentina. Además, como se ha visto, los datos agregados presentados hasta aquí sólo cubren parcialmente los rubros de la logística, en particular, los referidos a transporte e infraestructura relacionada. La carencia más notoria es la falta de datos sobre almacenaje y administración de inventarios.

**Tarifas y Costos en el Mercado de Cargas:** En el caso del camión, las tarifas suministradas por la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas (CATAC) son utilizadas como tarifas referenciales para la fijación de los precios de los fletes. Costos de Transporte, Cercanía de las Fuentes de Abastecimiento y del Mercado.

**Accesibilidad y Comunicaciones:** Se plantea el estudio de las vías de comunicación más cercanas al emplazamiento de la futura actividad. Se tienen en cuenta cercanía a rutas nacionales y provinciales, caminos alternativos, calidad de la carpeta asfáltica, como así

también cercanía a puertos fluviales y marítimos, etc. En cuanto a las comunicaciones se tornan de vital importancia y debe ser considerada su eficacia como su velocidad. La cercanía a la fibra óptica es una gran ventaja.

**Competencia:** Es de vital importancia el conocimiento de las empresas con características que puedan ejercer influencia directa o indirecta en el mercado considerando por la nueva actividad a desarrollarse. No solo se deben conocer en la situación actual a las empresas competidoras, sino plantear hipótesis de potenciales competidoras en el futuro.

**Grado de Accesibilidad del Personal:** Este punto es importante para poder brindar un ambiente de trabajo más motivador. Hay que tener cuidado en el planeamiento del transporte de los empleados hasta las puertas de la empresa, ya que estas condiciones se ven agravadas en climas rigurosos.

**Disponibilidad y Costo de Mano de Obra:** A veces diferencias significativas en los niveles de remuneraciones entre alternativas de localización pueden hacer que la consideración de este factor sea netamente económico.

**Disponibilidad de Agua, Energía y Otros Servicios:** Incluye los servicios de agua y electricidad, combustibles, protección contra incendios y otros. La disponibilidad y costo de la energía eléctrica es otro factor muy importante, es necesario conocer los regímenes tarifarios de cada zona de posible emplazamiento, origen de la producción de energía, estado de instalaciones generadoras, potencia disponible, el lugar de donde es posible tomar energía, etc. En el caso del gas, es necesario conocer además de las disponibilidades, cercanía a un anillo de gas industrial e inversiones necesarias para llegar a la estación reductora de la planta.

**Marco Jurídico e Impositivo:** El conocimiento preciso de las normativas y legislaciones se constituye en una ventaja competitiva en mercado desregulados o cuando la actividad a desarrollarse es ajena a la trayectoria industrial de la región en la que se localizará.

## **5. Conclusiones**

Del estudio y sus datos se seleccionó Rafaela como región para el emplazamiento, basada en las siguientes consideraciones:

**Ubicación Geográfica Ciudad de Rafaela:** Está ubicada en las coordenadas 31° 15' de latitud sur y 61° 21' de longitud oeste del globo terráqueo, sobre la llanura pampeana.

Cabecera del Departamento Castellanos, en la provincia de Santa Fe, la separan de la capital provincial unos 90 Km., recorriendo la ruta provincial N° 70. Dicha distancia significa una puerta cercana para la salida de las exportaciones desde la reactivación del Puerto de Santa Fe.

Por otro lado, la ciudad está conectada con todo el país y países limítrofes por medio de la Ruta Nacional N° 34, que corre en dirección norte-sur. La distancia a la ciudad de Rosario es de 230 Km.; en tanto está situada a 530 Km. de Capital Federal. Además, el ferrocarril Nuevo Central Argentino, que cruza la ciudad, la une con las citadas ciudades, prestando servicios de carga y de pasajeros.

Su ubicación también puede considerarse estratégica en cuanto a los puertos del Pacífico, ya que se encuentra sobre la vía comercial en dirección a los mismos. Este gráfico muestra las distintas rutas de acceso a la provincia de Santa Fe. El círculo verde circunscribe la zona de exacta de ubicación de la ciudad con respecto a las ciudades de Santa Fe, San Francisco y Sunchales, consideradas puntos industriales importantes.

**Población y su evolución:** De acuerdo a los datos censales del año 2001, Rafaela tenía 92.945 habitantes (45.222 hombres y 47.723 mujeres) y la tasa de crecimiento poblacional entre los censos de 1991 y 2010 era de 25,5%. La tasa de crecimiento es del 11,23% y prácticamente duplicó al índice provincial (6,46%). Así, y con un promedio anual de crecimiento del 1,1%, Rafaela sigue siendo una de las localidades que más crece en el territorio santafesino y se ratifica como tercera ciudad de la provincia, detrás de Rosario (948.312) y Santa Fe (391.231). En comparación, Rafaela representa el 3% de la población total de la Provincia (3.194.537). Las proyecciones indican que en el próximo Censo la ciudad estará superando ampliamente la barrera de los 100.000.

En cuanto al departamento, las estadísticas señalan un alto porcentaje de crecimiento en las tres ciudades (Rafaela, Sunchales y Frontera) mientras que existe una disminución del crecimiento en los pueblos. Finalmente, cabe destacar lo sucedido en materia de viviendas. Rafaela cuenta con 31.720 unidades habitacionales, determinando un promedio de personas por casa de 2,9. La presencia de departamentos sigue siendo muy poca y el Censo sólo marca la existencia de 1 persona en situación de calle.

En el grupo correspondiente a la población económicamente activa, de 15 a 65 años sólo el 40.1 % trabaja. De ese total el 31% desarrolla sus tareas en el sector industrial, el 17 % en el comercial y más del 50 % en el sector terciario. Así, en el área de influencia de Rafaela viven aproximadamente 345.000 personas repartidas por el campo o concentrada en más de 100 centros urbanos, de distinto rango.

La población económicamente activa (PEA) de Rafaela representa el 44,8% del total, siendo significativo el porcentaje de dicha población que posee estudios terciarios o universitarios. La ciudad cuenta con 35 barrios más la zona del microcentro.

**Comunicaciones y Medios de Transporte:** La ciudad se constituye en un nudo en el sistema de comunicaciones y la convergencia de los transportes la hacen accesible y bien conectada. La ruta provincial 70 y la nacional 34 la integran a la red de carreteras nacionales e internacionales, mientras que el ferrocarril Nuevo Central Argentino la vincula con el frente Fluvial Paraná -Plata y el Noroeste del país brindando servicios de carga y pasajeros. Cuenta con las siguientes empresas de Transporte de pasajeros, la mayoría de las cuales brinda servicio de encomiendas.

**Crecimiento Económico:** El mecanismo económico de la colonización conformaba un circuito relativamente simple: tierras vendidas en cuotas de vencimiento anual, pagaderas luego de cada cosecha; agricultores que se convierten en propietarios de los predios de cultivo mediante la venta del trigo y soja cosechado a acopiadores o molinos, quienes despachan a los puertos por medio del ferrocarril. El sistema de acopio se completaba con una extensa red de comerciantes que proveían a los colonos de los insumo necesarios para la subsistencia, a pagar con la cosecha. Muchos de estos comercios se convirtieron en acopiadores por cuenta de firmas radicadas en Buenos Aires, que monopolizaban las operaciones externas e internas de compra y venta, colocándolas en posición privilegiada para negociar con los productores.

**Sector Industrial:** Está integrado por microempresas, Pymes y unas pocas empresas grandes. La mayoría de ellas tienen origen familiar o cooperativo.

Aproximadamente el 61% del total, son las que pertenecen al rubro de las metalúrgicas (CIIU 38 y 39). Dos de estas industrias tienen más de 300 empleados, exportan entre el 40% y el 50% de su producción. Tienen garantía de calidad según las normas internacionales y son ampliamente reconocidas en el mercado automotriz del mundo.

Mucho menos numerosas, el 20% de las empresas están comprendidas dentro del rubro alimenticio (CIIU 31). Algunas de ellas constituyen complejos de integración vertical ya



que cuentan con explotaciones agropecuarias, en donde produce la materia prima, luego la elaboran y por último de comercializan en el mercado nacional y mundial.

El 19 % restante son plantas fabriles que producen colchones, equipos industriales, máquinas, herramientas, cueros, aceites y subproductos oleaginosos, derivados del petróleo, entre otros. (CIU 32, 34, 35)

Las industrias han afrontado un proceso de reconversión industrial, a través de la incorporación de tecnología de punta, de nuevas estrategias de gestión empresarial, de la capacitación de los recursos humanos, de la actualización de los sistemas de distribución para brindar un mejor servicio a los clientes y de la búsqueda de calidad y precios óptimos para sus productos con el objeto de competir con eficacia dentro del Mercosur y el mundo.

## **6. Bibliografía**

Trabajo Final de grado (Tesis). U.T.N. – F.R.C.

Trabajos de estudio de mercado para una Cooperativa en la zona.

Municipalidades de Córdoba, Santa Fe, San Francisco Sunchales y Rafaela.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) página web.

## **22TCam - TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO HIERRO CERO VALENTE EN UN REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO**

**GILPAVAS, E.<sup>\*1</sup>; MEDINA J.D<sup>1</sup>., ARBELÁEZ, P<sup>1</sup>., GÓMEZ-GARCÍA M<sup>2</sup>., DOBROSZ-GÓMEZ, I<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>**GIPAB: Grupo de Investigación en Procesos Ambientales. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT, Cr 49 #7 sur 50, Medellín-Colombia: e-mail: [egil@eafit.edu.co](mailto:egil@eafit.edu.co)**

<sup>2</sup>**PRISMA: Grupo de Investigación en Procesos Reactivos Intensificados con Separación y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Cr 27, 64-60, A.A 127, Manizales, Colombia**

### **Resumen**

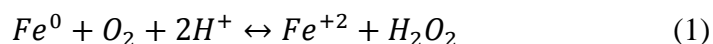
Las aguas residuales de una amplia variedad de industrias contienen colorantes orgánicos sintéticos, los cuales son altamente estables y resistentes a degradación en las condiciones naturales del medio. Esto hace que los tratamientos de aguas residuales biológicos y métodos fisicoquímicos convencionales como coagulación y adsorción sean ineficientes en el tratamiento de estos vertimientos, además de que solo transfieren el desecho de fase líquida a sólida. Diversos estudios han investigado la degradación de colorantes con el uso de hierro cero-valente (ZVI), en los cuales se confirma su eficiencia para la reducción de color en aguas con alta carga contaminante. En este trabajo se seleccionó un efluente residual industrial con presencia de compuestos cromóforos y se evaluó su degradación mediante ZVI. Como fuente de hierro se usó los desechos de la industria metalúrgica, clasificado por medio de un análisis granulométrico. Se realizó un diseño de experimentos preliminar, tipo factorial fraccionado y posteriormente un diseño de superficie de respuesta tipo Box-Behnken, donde se evaluaron los parámetros óptimos del tratamiento, sobre el porcentaje de degradación del colorante (%DC) y la materia orgánica. En el diseño estadístico, se evalúan las variables, concentración inicial de colorante, pH inicial del agua residual y cantidad de ZVI, además, se determinó el efecto de la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y radiación UV sobre el proceso de degradación. Mediante el diseño de experimentos se establecen las variables óptimas, concentración inicial de colorante: 881 ppm, pH inicial: 3 y cantidad de ZVI: 5,31 g/L, concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 0,86 ml/L, sin la necesidad de radiación UV. Con el tratamiento propuesto se alcanza porcentajes de degradación de colorante, DQO y COT de 99.28%, 80.83% y 70.67%, luego de 15, 90 y 150 minutos respectivamente.

### **1. Introducción**

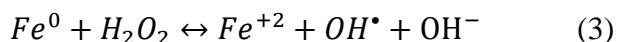
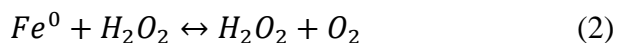
El hierro de valencia cero (ZVI), o hierro elemental, en forma metálica, ha sido estudiado para tratar aguas subterráneas con diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos. Diversos trabajos han reportado su eficiencia en la reducción de compuestos halogenados orgánicos, compuestos nitroaromáticos, pesticidas y suelos contaminados con explosivos y se ha confirmado la eficiencia de la reducción con ZVI para tratar aguas residuales con alta carga contaminante (Ghauch, 2001; Johnson *et al.*, 1996; Agrawal y Tratnyek, 1996; Singh *et al.*, 1998). El hierro en estado metálico (Fe<sup>0</sup>)

junto al disuelto en agua ( $\text{Fe}^{2+}$ ) tienen un potencial estándar de reducción de -0.440 V, que hace que el hierro elemental sea un buen agente reductor para una amplia gama de sustancias tales como, iones hidrógeno, carbonato, sulfato, nitrato y oxígeno (Pereira y Freire, 2006; Cheng y Wu, 2000). La producción mundial de colorantes es alrededor de  $7 \times 10^5$  ton/año (Xiang-Rong *et al.*, 2004) con cerca del 50% de los colorantes producidos del tipo azo, los cuales se caracterizan por la presencia del grupo cromóforo (-N=N-). En la industria textil parte de los colorantes empleados, alrededor del 15%, son eliminados en los efluentes y la presencia de tintes sintéticos es uno de los mayores obstáculos para el re-uso de estas corrientes de agua (Gomathi *et al.*, 2009).

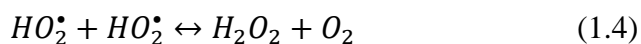
Pereira y Freire (2006) sugieren los pasos preliminares para la decolorización de colorantes azoicos que se describen a continuación. Inicialmente se da la oxidación del  $\text{Fe}^0$  por el oxígeno disuelto como se muestra en la ecuación 1, ésta es conocida como reacción de corrosión del hierro elemental.



Esta reacción da lugar a especies reactivas de oxígeno, tanto en la superficie de la partícula de hierro, como en solución, el  $\text{O}_2$  es un mediador de la corrosión para la formación de grandes cantidades de peróxido, su mecanismo dominante para esto es el descrito en la ecuación 1. El  $\text{H}_2\text{O}_2$  generado puede a su vez oxidar otro ion  $\text{Fe}^0$  o reaccionar con iones de  $\text{Fe}^{2+}$  como se ejemplifica en las ecuaciones 2 y 3 respectivamente (Pereira & Freire, 2006).



La ecuación 3 se presenta el proceso Fenton, los radicales hidroxilo ( $\text{OH}^\bullet$ ) aquí formados, son unos de los más potentes agentes de oxidación conocidos, estos pueden promover la mineralización de los colorantes azoicos vía oxidación de carbono inorgánico y compuestos nitrogenados, dicha mineralización oxidativa no puede ocurrir cuando se tiene solo la interacción reductiva entre el  $\text{Fe}^0$  y los contaminantes orgánicos (Pereira & Freire, 2006).



En el proceso, se presenta la formación de radicales superóxido, resultado de la reducción del oxígeno disuelto, éstos radicales pueden reaccionar en medio ácido para la producción de  $\text{HO}_2^\bullet$ , estas especies inestables llevan a la formación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  sobre la superficie del hierro elemental o cerca de ésta como se muestra en la ecuación 4 (Pereira & Freire, 2006). En el presente trabajo se evaluó el desempeño de un reactor de lecho fluidizado, usando residuo de hierro de valencia cero (ZVI), para la degradación y mineralización del colorante Yellow 12 procedente de aguas residuales de la industria textil. Se optimizaron las condiciones de operación del proceso mediante un diseño de superficie de respuesta considerando variables significativas como, pH, cantidad de ZVI, concentración inicial del colorante, concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y radiación UV.

## 2. Materiales y Métodos

La solución inicial a tratar, es un agua residual de la industria textil con contenido del colorante azoico Yellow 12, ésta proviene del proceso de teñido de telas de una empresa textil ubicada en el área metropolitana de Antioquia - Colombia. La tabla 1 muestra las características fisicoquímicas de dicho efluente. El agua residual fue conservada a bajas temperaturas, para evitar la degradación de sus componentes.

**Tabla 3.** Caracterización efluente residual evaluado

Parámetro	Valor
Concentración de colorante (mg/L)	881
DQO (mg/L)	1085
COT (mg/L)	300
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	163.8
DBO <sub>5</sub> /DQO	0.15
pH	6.8
Conductividad (μS/cm)	430
Densidad (mg/ml)	1.014
Coloración	Amarillo

La determinación de la concentración de colorante se realizó mediante espectrofotometría, a una longitud de onda de 430nm en el espectrofotómetro, SpectronicGenesys 2PC. Para la medición de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) Se empleó el método estándar respirométrico 5210D (Eatonet *al.*, 2005), El test mide el oxígeno molecular utilizado durante un periodo de incubación de 5 días, para la degradación bioquímica de la materia orgánica e inorgánica. Para la demanda química de oxígeno (DQO) el procedimiento empleado fue el método estándar de refluo cerrado, con medición colorimétrica 5220D (Eatonet *al.*, 2005). Para el Carbón Orgánico Total (COT) se utilizó el método estándar de oxidación húmeda, con medición colorimétrica 5310D.

El ZVI utilizado como catalizador, es un residuo, suministrado por una industria metalúrgica, es el producto residual del equipo taladro vertical, su apariencia es de un residuo metálico grisáceo, con diferentes tamaños de partícula. Para el análisis estadístico se aplica el diseño de experimentos factorial fraccionado en el que se tienen k factores con dos niveles para obtener  $2^{5-P}$  experimentos, el cual se realizó con réplica. A las variables que resulten significativas se les aplica un diseño de experimentos de superficie de respuesta Box-Behnken para evaluar y establecer las condiciones óptimas de operación que maximizan la degradación del colorante.

Se construyó un reactor en vidrio de lecho fluidizado para un volumen de 350 mL, el cual opera en modo semi-batch. El reactor posee dos mallas ubicadas en sus extremos con el fin de evitar escape de catalizador. Para los ensayos que evalúan el efecto de la radiación UV, se empleó un sistema conformado por una coraza cilíndrica con 4 lámparas con longitudes de onda características de 254 y 310 nm.

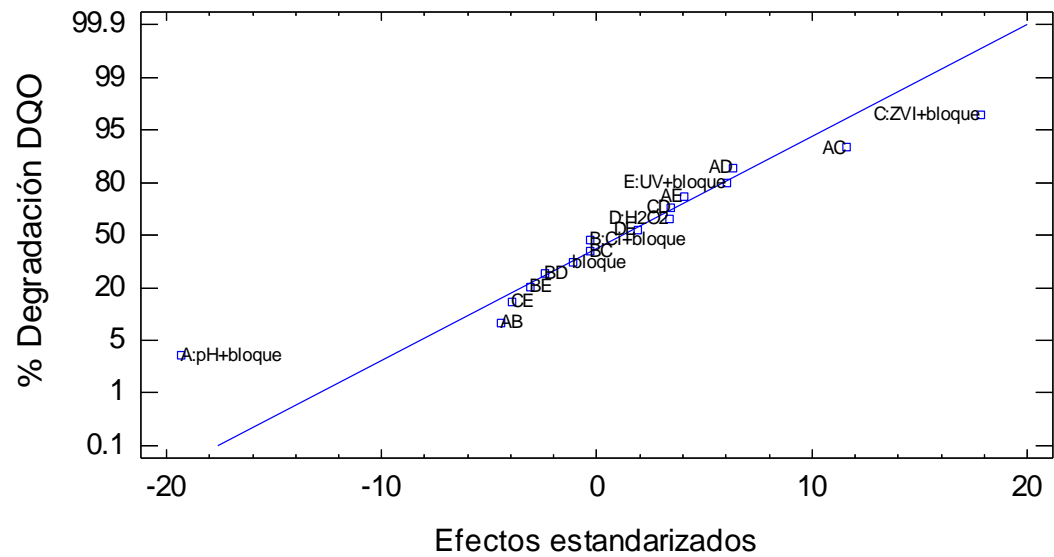
### 3. Resultados y discusión

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos en el diseño experimental factorial fraccionado para el %DDQO y el %DC.

**Tabla 4.** Resultados diseño factorial fraccionado con réplica

Ensayo	Bloque	pH	Ci (ppm)	ZVI (g/L)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml/L)	UV (nm)	%DDQO	%DC
1	1	9	443	10	1.5	0	76%	98%
2	1	3	443	0.5	0	254	80%	99%
3	1	3	443	10	0	0	81%	100%
4	1	3	881	0.5	0	0	82%	100%
5	1	9	443	0	0	254	55%	97%
6	1	9	443	10	1.5	254	62%	97%
7	1	9	881	0.5	0	254	24%	22%
8	1	9	881	10	1.5	254	75%	100%
9	1	3	881	0.5	1.5	254	71%	100%
10	1	3	443	10	1.5	254	85%	98%
11	1	9	881	0.5	1.5	0	12%	14%
12	1	3	881	10	1.5	0	83%	100%
13	1	3	443	0.5	1.5	0	52%	99%
14	1	9	881	10	0	0	57%	80%
15	1	3	881	10	0	254	81%	100%
16	1	9	443	0.5	0	0	52%	15%
17	2	9	443	10	1.5	0	76%	100%
18	2	3	443	0.5	0	254	72%	99%
19	2	3	443	10	0	0	71%	100%
20	2	3	881	0.5	0	0	79%	100%
21	2	9	443	0.5	1.5	254	40%	100%
22	2	9	443	10	0	254	71%	60%
23	2	9	881	0.5	0	254	24%	20%
24	2	9	881	10	1.5	254	78%	100%
25	2	3	881	0.5	1.5	254	71%	100%
26	2	3	443	10	1.5	254	79%	100%
27	2	9	881	0.5	1.5	0	15%	19%
28	2	3	881	10	1.5	0	86%	100%
29	2	3	443	0.5	1.5	0	59%	100%
30	2	9	881	10	0	0	54%	77%
31	2	3	881	10	0	254	78%	99%
32	2	9	443	0.5	0	0	7%	11%

El mayor %DDQO obtenido es de 85.74%, en el tratamiento de agua residual de concentración inicial 881 ppm de Yellow 12 y pH inicial 3, con 10 g/L de ZVI y 1.5 ml/L de concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sin UV, este tratamiento presenta un %DC de 99.63%.



**Figura1.** Diagrama de probabilidad normal para %DDQO

La figura 1, se muestran los datos que establecen las variables que tienen un efecto significativo en el proceso. Los efectos que no son significativos, se comportan como si procedieran de una distribución normal centrada en cero y gráficamente aparecen muy cerca a la línea, así, se evidencia que las variables  $C_i$ , UV y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, presentan un efecto importante en la degradación de la materia orgánica con el tratamiento propuesto. La radiación UV ha sido encontrada como una variable no influyente. Los factores significativos, se encuentran fuera de la línea en la figura 3.4, lo que sugiere que las variables influyentes son el pH, y la concentración de ZVI, por lo que estas dos son seleccionadas para el diseño de superficie de respuesta, junto con la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Los resultados del diseño de experimentos de superficie de respuesta se observan en la tabla 3. El tratamiento con el que se obtienen los mejores resultados, 80 %DDQO y 99 %DC, emplea 5.25 g/L de ZVI, con 0.75 ml/L de concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para tratar un agua residual de 881 ppm de concentración inicial y un pH inicial de 5.

Utilizando el software Statgraphis se encontró que los valores óptimos para las variables de operación influyentes en el tratamiento de aguas residuales mediante el reactor de lecho fluidizado fueron: ZVI: 5.31 g/L, pH: 3, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 0.86 ml/L. Se encontró también que el modelo tiene un coeficiente de regresión R<sup>2</sup>: 87.77%.

**Tabla 5.** Resultados diseño de experimentos Box-Behnken

Ensayo	ZVI (g/L)	pH	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml/L)	%DDQO	%DC
1	5.25	5	0.75	80%	99%
2	5.25	5	0.75	77%	100%
3	10	3	0.75	74%	100%

4	5.25	7	0	48%	66%
5	5.25	3	1.5	73%	100%
6	5.25	3	0	74%	100%
7	10	5	0	44%	95%
8	10	5	1.5	70%	100%
9	0.5	5	0	37%	59%
10	0.5	7	0.75	64%	69%
11	0.5	5	1.5	62%	67%
12	5.25	7	1.5	65%	96%
13	5.25	5	0.75	75%	100%
14	10	7	0.75	43%	100%
15	0.5	3	0.75	73%	100%

El análisis ANOVA mostró que las variables significativas, con un nivel de confianza del 95%, es decir; estableciendo 5% como error máximo permisible; que los factores con mayor relevancia en el proceso para el %DDQO son: la cantidad de ZVI (A), el pH (B), la concentración de  $H_2O_2$  (C), la interacción ZVI-ZVI (AA), la interacción pH- $H_2O_2$  (BC) y la interacción  $H_2O_2$  -  $H_2O_2$ .

#### 4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados se determinan como variables significativas la cantidad de ZVI, el pH inicial, la concentración de  $H_2O_2$ , la interacción ZVI-ZVI, la interacción pH- $H_2O_2$ , variables que presentaron en el análisis ANOVA un valor P menor a 0.05. Se encontró que al aumentar el pH inicial hay una disminución en la degradación de la DQO. Un aumento en la variable cantidad de ZVI, hace que el porcentaje de degradación aumente, hasta un valor óptimo, después del cual el proceso de degradación no se ve beneficiado. El %DDQO aumenta, al incrementar la concentración de  $H_2O_2$ , sin embargo, el proceso de degradación se ve obstaculizado por exceso de  $H_2O_2$  y competencia por radicales libres. Se encontró que los valores óptimos para las variables de operación influyentes en el tratamiento de aguas residuales mediante el reactor de lecho fluidizado fueron: ZVI: 5.31g/L, pH: 3,  $H_2O_2$ : 0.86 ml/L. El uso de un reactor de lecho fluidizado que emplea ZVI como catalizador demuestra ser un tratamiento eficiente y rápido, alcanzando una alta degradación de colorante, DQO y COT de 99.28%, 80.83% y 70.67% respectivamente, luego de 15 min, 90 min y 150 min.

#### Referencias

- Agrawal, A., & Tratnyek, P. (1996) "Reductions of nitroaromatic compounds by zero-valent iron metal." *Environ Science Technology* 30, 153-160.
- Cheng, S., & Wu, S. (2000) "The enhancement methods for the degradation of TCE by zero-valent metals." *Chemosphere* 41, 1263-1270.
- Ghauch, Antoine. "Degradation of benomyl, picloram, and dicamba in a conical apparatus by zero-valent iron powder." *Chemosphere* 43 (2001): 1009-1117.
- Gomathi, L., Girish, S., Mohan, K., & Munikrishna. (2009) "Photo degradation of Methyl Orange an azo dye by advanced fenton process using zero valent metallic iron:

Influence of various reaction parameters and its degradation mechanism." *Journal of hazardous materials* 164, 459-467

Johnson, T., Scherer, M. M., & Tratnyek, P. (1996) "Kinetics of halogenated organic compound degradation by iron metal." *Environ Science Technology* 30, 2634-2640.

Pereira, W. S., & Freire, R. S. (2006) "Azo dye degradation by recycled waste zero-valent iron powder." *J. Braz. Chem. Soc.*, 17, 832-838.

Singh, J., Comfort, S., & Shea, P. J. (1998) "Remediating RDX-contaminated water and soil using zero-valent iron." *J. Environ Qual.*, 27, 1240-1247.

Xiang-Rong, X., Hua-Bin, L., Wen-Hua, W., & Ji-Dong, G. (2004) "Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process." *Chemosphere*, 57, 595-600.



## **23TCAm - MODELO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TARTRAZINA MEDIANTE PROCESOS ELECTROQUÍMICOS**

**GILPAVAS, E.<sup>\*1</sup>; MEDINA J.D<sup>1</sup>., ARBELÁEZ, P<sup>1</sup>., GÓMEZ-GARCÍA M<sup>2</sup>., DOBROSZ-GÓMEZ, I<sup>2</sup>.**

**<sup>1</sup>GIPAB: Grupo de Investigación en Procesos Ambientales. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT, Carrera 49 #7 sur 50, Medellín-Colombia; e-mail: [egil@eafit.edu.co](mailto:egil@eafit.edu.co)**

**<sup>2</sup>PRISMA: Grupo de Investigación en Procesos Reactivos Intensificados con Separación y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Cr 27, 64-60, A.A 127, Manizales, Colombia**

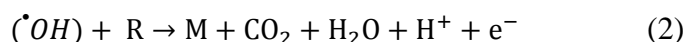
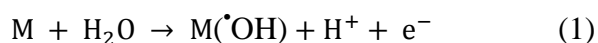
### **Resumen**

Las empresas actuales están empezando a reconocer la importancia del cuidado del ambiente, algunas por concientización sobre los importantes temas y cuidados ambientales y otras porque la legislación se hace cada vez más estricta. Por lo tanto, es necesaria la implementación de métodos que permitan dar solución al problema de contaminación que aqueja hoy a la gran mayoría de las empresas en el mundo. La cantidad de agua empleada en los procesos varía en forma considerable dependiendo del proceso específico y de los equipos de planta. Una fracción importante de los contaminantes liberados al ambiente en los efluentes son los residuos de colorantes. Por lo regular los colorantes tienen gran persistencia en el ambiente y los métodos de tratamiento biológicos convencionales no son útiles en su remoción debido a que oxidaciones o reducciones parciales pueden generar productos secundarios altamente tóxicos. Los Procesos Avanzados de Oxidación Electroquímicos (PAOE's) han sido objeto de investigación debido a su potencial en el tratamiento de aguas residuales al ser capaces de degradar diversa clase de contaminantes. Estos se fundamentan en la generación del radical hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ) el cual oxida los compuestos orgánicos hasta su mineralización a  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y ácidos inorgánicos. Se propone un modelo de optimización estadística de superficie de respuesta con el fin de obtener las condiciones de operación que maximicen la degradación del colorante orgánico tartrazina y a la vez, minimizar el consumo de energía. Los factores seleccionados fueron: concentración inicial del contaminante (40, 70, 100 mg/L), densidad de corriente (5, 7.5, 10  $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) y conductividad (1000, 2500, 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Se encontró que a las condiciones óptimas de operación se obtienen degradaciones de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y colorante del 76% y 99% respectivamente. Adicionalmente, se evaluó la intensificación del proceso de electro-oxidación mediante la adición del reactivo Fenton y radiación UV, alcanzando con este último 83% de degradación de DQO. Lo que implica, que el proceso electroquímico propuesto es una alternativa de gran aplicabilidad para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con este tipo de colorantes.

### **1. Introducción**

Industrias como la textil, cosméticos, alimenticia, entre otras, consumen considerables cantidades de agua para las operaciones de teñido y se estima que entre el 1-10% de los

colorantes utilizados son descargados a los cuerpos de agua, lo cual es bastante representativo al considerar que la producción estimada de colorantes sintéticos para el 2008 fue de más de  $7 \times 10^5$  toneladas y es una industria en crecimiento (Brillas *et al.*, 2009). Los colorantes sintéticos son ampliamente producidos debido a sus propiedades únicas que permiten innumerables aplicaciones industriales, entre estos los colorantes azo son particularmente pre-eminentes dado que estos representan entre el 60 y 70 % de la producción mundial (Sires *et al.*, 2007). La tartrazina (Amarillo 23) es un colorante azo de interés debido a las amplias posibilidades para su aplicación, con un grupo sulfónico como auxocromóforo altamente soluble en agua y polar, es utilizado para teñir dulces, goma de mascar, jugos, mermeladas, mostaza, sodas, medicamentos, textiles y cosméticos (Garcia *et al.*, 2012). La mayoría de colorantes sintéticos presentan estructuras altamente estables, solubles en agua y resistentes a tratamientos convencionales, haciendo la coagulación química y los procesos biológicos insuficientes para estas aguas (GilPavas *et al.*, 2012). Los procesos Avanzados de Oxidación Electroquímicos (PAOEs) han sido materia de estudio en las últimas dos décadas como tecnologías alternativas para el tratamiento de aguas con diversos tipos de contaminantes orgánicos. La electro-oxidación (EO) es el procedimiento electroquímico más empleado para la degradación de contaminantes en el agua y se han publicado gran cantidad de estudios en los que se demuestra su eficiencia en el tratamiento de colorantes, herbicidas, residuos de refinerías, entre otros (Martínez and Brillas, 2009, GilPavas *et al.*, 2014). Existe un creciente interés en estos procesos por ventajas distintivas como compatibilidad ambiental, versatilidad, eficiencia energética y facilidad para la automatización (Yavuz *et al.*, 2010). El proceso de electro-oxidación consiste en la oxidación de contaminantes por reacción química con especies electro-generadas con la descarga del agua en el ánodo, en forma de radical adsorbido  $M(\bullet OH)$ . Las ecuaciones (1-2) describen el modelo de la oxidación de contaminantes en donde M representa la superficie del ánodo (Brillas *et al.*, 2009).



El objetivo de este estudio es evaluar las condiciones de operación del proceso de degradación de tartrazina mediante electro-oxidación, tales como conductividad, densidad de corriente, concentración inicial de colorante y tiempo de reacción. La eficiencia del proceso de electro-oxidación fue evaluada y optimizada mediante la metodología de superficie de respuesta (MSR): técnica estadística que permite establecer relaciones entre varias variables independientes y una o más variables dependientes. Esta situación implica la optimización del proceso de degradación del contaminante. La optimización mediante MSR implica los siguientes pasos: (1) Implementación estadística del diseño de experimentos; (2) estimación de los coeficientes de un modelo matemático utilizando análisis de regresión; (3) predicción de la respuesta y (4) la verificación de la adecuación del modelo. Se utilizó un diseño de experimentos tipo Box-Behnken (BBD), para la programación de cada uno de los ensayos experimentales y la optimización de las condiciones de reacción, con el propósito de incrementar la eficiencia del proceso y disminuir los costos de operación. Con las condiciones óptimas se realizó el estudio cinético.

## 2. Metodología

### 2.1 Reactivos

Todas las muestras de agua fueron preparadas con tartrazina ( $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$ , contenido de colorante  $\geq 89$ , Colorquímica) y agua del sistema mili-Q. El pH ajustado con  $H_2SO_4$  (Merck) al 99.1% de pureza y la conductividad ajustada con NaCl anhidrido (99.9%). Los ensayos fueron llevados a cabo en un reactor de plexiglas<sup>®</sup> de 180 mL de capacidad, un ánodo de grafito con un área sumergida efectiva de  $21.9\text{ cm}^2$  y el cátodo en una barra de titanio de las mismas dimensiones. La mezcla de reacción fue agitada a 240 rpm y el voltaje regulado con una fuente BK-Precision (0–30V, 0–5 A).

### 2.2 Métodos analíticos

La degradación de la materia orgánica y la mineralización de la muestra fueron determinados mediante la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el Carbón Orgánico Total (COT) respectivamente. El procedimiento empleado para medir la DQO fue el método estándar (5220D) de reflujo cerrado. El procedimiento empleado para medir el COT fue el método estándar (5310D) de oxidación húmeda con medición colorimétrica. Para determinar la degradación del colorante en las aguas residuales, se utilizó un Espectrofotómetro, SpectronicsGenesys 2PC, en el intervalo de longitudes de onda UV/visible entre de 200 a 700 nm.

### 2.3 Diseño de Experimentos

El método de superficie de respuesta Box-Behnken fue empleado para evaluar y determinar las condiciones óptimas de operación que maximizan la degradación del colorante y materia orgánica. En el diseño estadístico de experimentos se consideraron los factores con sus correspondientes niveles inferior, medio y superior: densidad de corriente ( $i$ ) (10, 15, 20,  $\text{mA}/\text{cm}^2$ ), concentración inicial de tartrazina ( $C_i$ ) (40, 70, 100,  $\text{mg}/\text{L}$ ) y conductividad ( $C_d$ ) (1000, 2500, 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los datos fueron ajustados a un modelo polinómico de segundo orden, mediante la ecuación (3).

$$Y_i = \beta_0 + \sum_1^3 \beta_i X_i + \sum_1^3 \beta_{ii} X_{ii}^2 + \sum_1^3 \sum_1^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (3)$$

Donde;  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ ,  $\beta_{ij}$ , son los coeficientes de regresión para los términos intercepto, lineal, cuadrático e interacciones, respectivamente y  $X_i$  y  $X_j$  son las variables independientes. La eficiencia del proceso fue evaluada mediante la medición de estas dos variables de respuesta, calculada mediante la expresión (4):

$$\%DF = \frac{C_0 - C}{C_0} \quad (4)$$

## 3. Resultados

En la tabla 1, se presenta el resultado del %DDQO y %DC observado experimentalmente ( $Y_{\text{exp}}$ ) y la predicción efectuada mediante la regresión en la ecuación (3) ( $Y_{\text{pred}}$ ). El mayor %DC observado experimentalmente fue 98.92% con su correspondiente %DDQO 64.04%. El ajuste del modelo se evaluó con los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) y ( $R^2_{\text{adj}}$ ). Por ejemplo, para el %DC se obtuvo un  $R^2$ : 97.68% indicando que solo un 2.32% de las variaciones no son explicadas con el modelo, sin embargo, este coeficiente puede sugerir una idea demasiado optimista dado que no

considera los grados de libertad del modelo, definidos como la diferencia entre el número de datos y el número de coeficientes de la ecuación, por tal motivo, se calcula el  $R^2_{adj}$ : 93.5% confirmando que el modelo es bastante representativo. El análisis ANOVA encontró que todos los factores ( $C_i$ ), ( $i$ ) y ( $C_d$ ) son estadísticamente significativos dado que presentan un P-valor inferior a 0.05 con un intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 1.** Valores observados y predichos para el diseño Box-Behnken

<b>C<sub>i</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>i</b> <b>(mA/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Conductividad</b> <b>(μS/cm)</b>	<b>%DC</b>		<b>%DDQO</b>	
			<b>Y<sub>exp</sub></b>	<b>Y<sub>pred</sub></b>	<b>Y<sub>exp</sub></b>	<b>Y<sub>pred</sub></b>
40	10	2500	95.48	95.89	24.11	29.87
70	10	1000	56.32	59.31	38.70	37.41
70	20	4000	98.92	95.93	64.05	65.34
40	20	2500	97.87	100.70	48.23	54.15
100	15	4000	97.11	100.50	39.20	43.67
100	10	2500	78.45	75.59	40.28	34.35
40	15	4000	98.17	98.30	60.00	56.78
70	10	4000	97.32	96.70	40.09	41.54
40	15	1000	92.44	89.03	40.00	35.53
100	15	1000	62.44	62.30	39.92	47.13
70	15	2500	96.18	95.64	53.91	52.07
100	20	2500	96.94	96.52	57.91	52.15
70	20	1000	85.36	85.91	57.14	55.68
70	15	2500	95.25	95.65	51.15	52.07
70	15	2500	95.51	95.65	51.15	52.07

En el diagrama de superficie de respuesta, figura 1, se observa que tanto para el %DDQO (a) como para el %DC (b), las degradaciones aumentan a medida que se incrementa la densidad de corriente, llegando a su máximo valor en 20 mA/cm<sup>2</sup>. En el diagrama (a) se observa que a la degradación se maximiza para la concentración inicial ( $C_i$ ) de 60 mg/L mientras que para el diagrama (b) se observa que con este valor se puede alcanzar una degradación del 98%, por lo que se emplean estos valores para llevar a cabo un estudio cinético.

**Figura 1.** Diagrama de superficie de respuesta: (A) %DDQO, (B) %DC

Con las condiciones óptimas encontradas en el análisis estadístico se realizó un estudio cinético con el que se encontró que al final de 60 minutos de reacción se obtienen degradaciones del 85% de la demanda química de oxígeno, 55% del carbón orgánico

total y 98% DC, con lo que se comprueba la aplicabilidad de la electro-oxidación para la degradación de colorantes azo.

#### 4. Conclusiones

Las condiciones óptimas de operación para el proceso se determinaron mediante un diseño estadístico de experimentos de superficie de respuesta Box-Behnken, con el que se obtuvo un Cd: 2866  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Ci: 60 pmm e i:20  $\text{mA}/\text{cm}^2$ . Los coeficientes de correlación hallados fueron  $R^2$ : 97.68% y  $R^2_{\text{adj}}$ : 93.5%. Mediante el estudio cinético se obtuvo degradaciones del 85% DDQO, 55% DCOT y 98% DC. Los resultados obtenidos abren un camino para los procesos electroquímicos combinados con los procesos Fenton, aplicados en aguas residuales de la industria textil.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad EAFIT, Medellín-Colombia y a Colciencias, programa jóvenes investigadores 2013, por el apoyo financiero para la realización de esta investigación.

#### 6. Bibliografía

- Brillas Enric, Sires Ignasim, Oturan Mehmet. (2009). Electro-Fenton Process and Related Electrochemical Technologies Based on Fenton's Reaction Chemistry. *Chem. Rev.* 109, 6570–6630.
- Garcia-Segura Sergi, El-Ghenymy Abdellatif, Rodríguez Rosa María, Brillas Enric, El Begranib Mohamed Soussi, Abdelouahid Ben Ali. (2012). Optimization of the electro-Fenton and solar photoelectro-Fenton treatments of sulfanilic acid solutions using a pre-pilot flow plant by response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 221–222, p. 288–297.
- GilPavas, E., Dobrosz-Gómez I., Gómez-García M.A. (2012). Decolorization and mineralization of Diarylide Yellow 12 (PY12) by photo-Fenton process: the Response Surface Methodology as the optimization tool. *Water Science & Technology*, 65, 10, 1795.
- GilPavas E., Medina, J., Dobrosz-Gómez I., Gómez-García, M.A. (2014). Statistical optimization of industrial textile wastewater treatment by electrochemical methods. *Journal of Applied Electrochemistry*, Vol. 44, N.11.
- Martinez C., Brillas, E. (2009). Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review. *Applied Catalysis B: Environmental*, 87 105–145.
- Pipi, I. Sirés, A.R. Andrade, Brillas E. (2014). Application of electrochemical advanced oxidation processes to the mineralization of the herbicide diuron. *Chemosph*, 109, 49–55.
- Sirés I., Centellas F., Garrido J.A., Rodríguez R.M., Arias C., Cabot, P.L. Brillas, E. (2007). Mineralization of clofibric acid by electrochemical advanced oxidation processes using a boron-doped diamond anode and  $\text{Fe}^{2+}$  and UVA light as catalysts *Appl. Catal. B–Environ.*, 72, pp. 373–381.
- Sirtori C., Zapata A., Malato, S., Agüera, A. (2012). Formation of chlorinated by-products during photo-Fenton degradation of pyrimethanil under saline conditions. Influence on toxicity and biodegradability. *Journal of Hazardous Materials*, 217–218, p. 217–223.
- Yavuz, A.S Koparal, U.B. Ögütveren, (2010). Treatment of petroleum refinery wastewater by electrochemical methods, *Desalination*, 258, 201–205.

## **24TCAm - TECNOLOGÍA DE SENSORAMIENTO REMOTO PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CALEFONES SOLARES**

**PLANO. M. A.<sup>1</sup>; SAEZ DE ARREGUI, G.<sup>1,2</sup>; CONCARI, S. B.<sup>1,3</sup>; LERRO F.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Av. Pellegrini 250 - (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina**

**E-mail: [mplano@fceia.unr.edu.ar](mailto:mplano@fceia.unr.edu.ar)**

**2. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Rosario. Rosario, Argentina.**

**3. Facultad Regional Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. Rosario, Argentina.**

### **Resumen**

El empleo de la energía solar para calentamiento doméstico de agua de uso sanitario, se ha extendido en nuestro país y va en progresivo aumento. Pero el mero uso de equipos basados en energías renovables no conlleva a un empleo eficiente y racional de estos recursos. La eficiencia del calefón solar constituye un parámetro de control del modo de operación del sistema, cuya determinación experimental demanda la medición de variables del propio calefón y del medio ambiente, en condiciones de operación. Es habitual que el fabricante proporcione el valor de eficiencia, medido en banco de pruebas, pero su posterior emplazamiento en distintas condiciones medioambientales y con patrones de uso particulares, provoca que la eficiencia real del equipo sea otra. El problema a resolver es medir la eficiencia en el lugar en el que esté emplazado el calefón, mientras éste está en funcionamiento, a través de un laboratorio móvil (estación remota) y transmitir los datos registrados desde ese lugar hasta un laboratorio (estación fija) en la que serán procesados. La estación fija está integrada por: un transmisor-receptor GSM, encargado de comunicarse con la estación remota; el procesador y base de datos ubicados en una PC conectada al bloque GSM vía USB, y el servidor web conectado a la red de Internet. La estación remota se conecta físicamente al calefón sujeto a ensayo: la salida del calefón a una válvula de apertura y cierre controlada por el sistema electrónico; un termómetro semiconductor de alta precisión mide las temperaturas de entrada y salida del agua, y la salida se conecta a un caudalímetro.

La radiación solar incidente en el mismo plano del colector se registra a través de un panel fotovoltaico calibrado, y con un termómetro se registra la temperatura ambiente. Todo ello está conectado a una placa controladora o *datalogger* para la adquisición y transmisión de los datos analógicos y digitales. El núcleo del equipo es un microcontrolador conectado a un *modem* GSM, programado en lenguaje C, para adquirir los datos de los sensores, controlar la válvula de extracción de agua, realizar un procesamiento inicial de datos, armar el paquete de información y enviarlo a la estación fija. El sistema desarrollado simula diferentes condiciones de uso de los calefones solares, brindando información para la toma de decisiones de las empresas productoras de equipos, así como para el diseño de campañas de concientización sobre el uso óptimo y racional de los recursos energéticos.

## 1. Introducción

Un desarrollo sostenible en el contexto mundial de creciente demanda de energía exige utilizar fuentes de energías renovables y la optimización de los procesos de conversión y de los equipos. La energía solar, si bien no puede reemplazar las energías de los hidrocarburos y otras no renovables, constituye un recurso complementario de uso progresivamente en aumento; en aplicaciones diversas.

La eficiencia del calefón solar constituye un parámetro de control del modo de operación del sistema, cuya determinación experimental demanda la medición de variables del propio calefón y del medio ambiente, en condiciones de operación.

En Argentina existen varios proveedores de calefones solares; sin embargo, no existe en el país un sistema que administre la certificación y homologación de esos equipos para garantizar cualidades mínimas de calidad. Como lo destacan Garnica et al. (2010), luego de un fuerte impulso que tuviera en los años 80, cuando fuera aprobada la norma vigente IRAM 210002 para ensayo de colectores de placa plana (IRAM, 1983), no se alcanzó a concretar aún la norma para ensayo de sistemas completos. En 2010 el Área Tecnológica Estratégica de Energías Renovables del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) propuso una medición de sistemas solares para la provisión de agua caliente sanitaria que implica traslado a bancos de prueba para medición, ensayo y certificación (INTI, 2010).

Lo habitual es que el fabricante proporcione el valor de eficiencia, medido en banco de pruebas, pero su posterior emplazamiento en distintas condiciones medioambientales y con patrones de uso particulares, provoca que la eficiencia real del equipo sea otra. El problema que pretendemos resolver es medir la eficiencia *in situ*, en cualquier lugar en el que esté emplazado el calefón, mientras éste está en funcionamiento, y transmitir los datos registrados desde ese lugar hasta un laboratorio en el que son procesados.

## 2. Objetivo

El propósito ha sido el desarrollo experimental de un prototipo -que denominamos laboratorio remoto móvil de energía solar térmica-, que permita analizar el comportamiento de los calefones solares en diferentes regiones, bajo diferentes situaciones climáticas, y bajo distintas modalidades de uso, a fin de evaluar su desempeño y eficiencia. Se pretende proporcionar información para las empresas productoras de calefones solares que podrían utilizarla en la mejora de sus productos y sugerir a los usuarios las mejores prácticas de utilización.

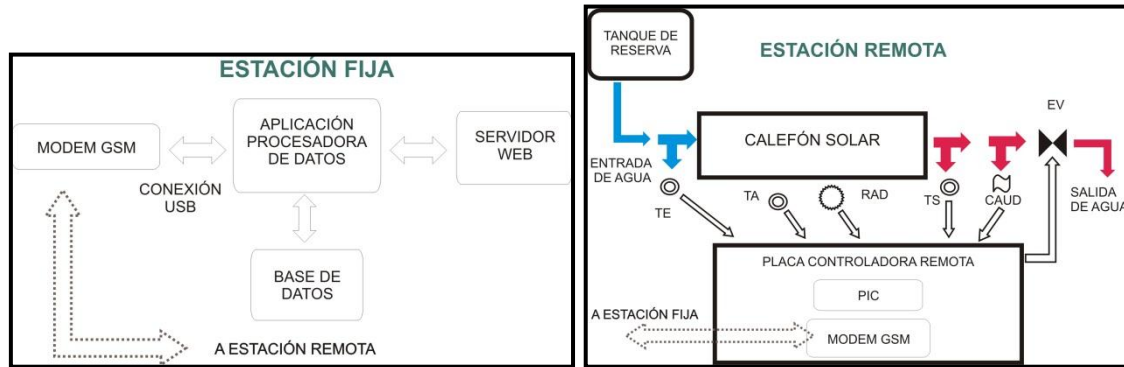
## 3. Metodología

El proyecto fue llevado a cabo por personal de dos laboratorios dependientes de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario: Laboratorio de Energías Renovables y Laboratorio de ensayos Remotos.

Tratándose de un desarrollo experimental, el trabajo se desarrolló cumpliendo las siguientes etapas: análisis del problema y definición de requisitos, alcance y fronteras, estudio de la tecnología, selección y adecuación tecnológica, segmentación de la solución en bloques funcionales, selección de las herramientas de desarrollo, diseño y construcción del producto, ensayos, pruebas y ajustes (Saez de Arregui et al., 2013a).

#### 4. Resultados

Se diseñó y desarrolló un dispositivo móvil apto para interactuar con calefones solares y el medioambiente circundante y con capacidad de transmitir valores físicos empleando la red de telefonía celular a otro dispositivo ubicado en la FCEIA, el cual recibe los datos de campo para su procesamiento y análisis. En la Figura 1 se muestra el esquema de los dispositivos que integran la estación remota móvil y la estación fija en la FCEIA.



**FIGURA 1:** a) Estación fija integrada por un transmisor-receptor GSM, el procesador y base de datos, y el servidor web conectado a Internet. b) Estación remota móvil conectada al calefón sujeto a ensayo, integrado por una placa controladora *datalogger* y un microcontrolador conectado a un procesador GSM.

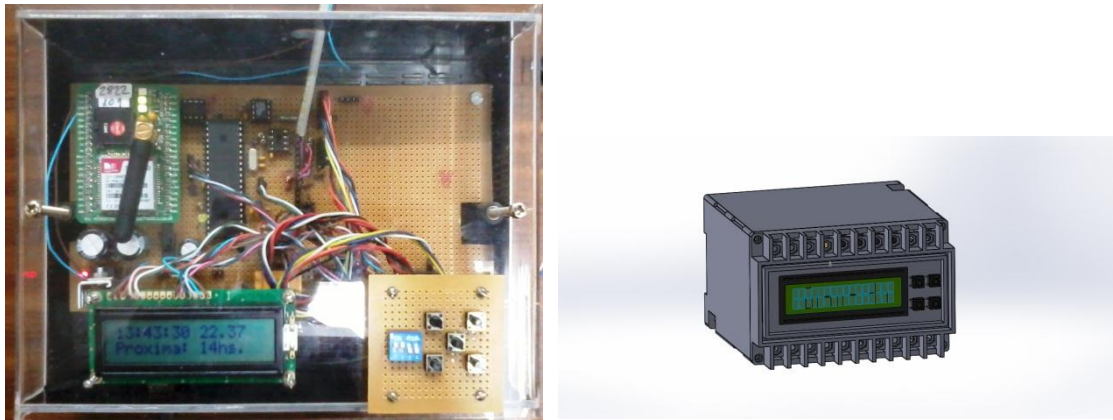
##### 4.1 Hardware y software

La estación fija está integrada por tres bloques: el transmisor-receptor GSM, encargado de comunicarse con la estación remota; el procesador y base de datos basada en una PC, conectada al bloque GSM vía USB (el procesador recibe los datos de la estación remota, los procesa y los almacena en la base de datos); y el servidor web conectado a la red de Internet. La estación remota se conecta físicamente al calefón sujeto a ensayo, alimentado hidráulicamente por un tanque de reserva. La salida del calefón se conecta a una válvula (EV) de apertura y cierre que está controlada por el sistema electrónico de ensayo. En ambos extremos se interpone una conexión que aloja un termómetro semiconductor (TE y TS) de alta precisión (DS18B20 MAXIM) que mide las temperaturas de entrada y salida del agua. La salida se conecta a un caudalímetro (CAUD) que mide volúmenes de agua extraída. Por otro lado se encuentra alojado en el plano del colector un panel fotovoltaico calibrado para medir la radiación solar incidente en el mismo plano del colector y un termómetro sombreado durante todo el día que mide la temperatura ambiente (TA) de igual característica que los anteriores. Todo ello se conecta a una placa controladora o *datalogger* que se ocupa de la adquisición y transmisión de los datos analógicos y digitales. El núcleo de este equipo lo ocupa un microcontrolador; éste se conecta a un *modem* GSM con un chip de línea.

El microcontrolador del sistema descrito está programado en lenguaje C, inicialmente era capaz de: adquirir los datos de los sensores (temperatura, radiación, caudal), controlar la válvula de extracción de agua, realizar un procesamiento inicial de datos (promedios de temperatura, conteo de volumen, etc.), armar el paquete de información y enviarlo por red GSM, a la estación fija en Rosario. A partir de actualizaciones y optimizaciones de hardware y de software, la estación móvil puede recibir comandos de operación a través de la red GSM para ejecutarlos y cambiar parámetros de toma de



datos (caudales e intervalos de extracción, etc.). Previamente, esto debía hacerse in situ operando la estación en el lugar de emplazamiento/medición (Figura 2 a). Esto significa un avance hacia la utilización del dispositivo en diferentes condiciones de campo.

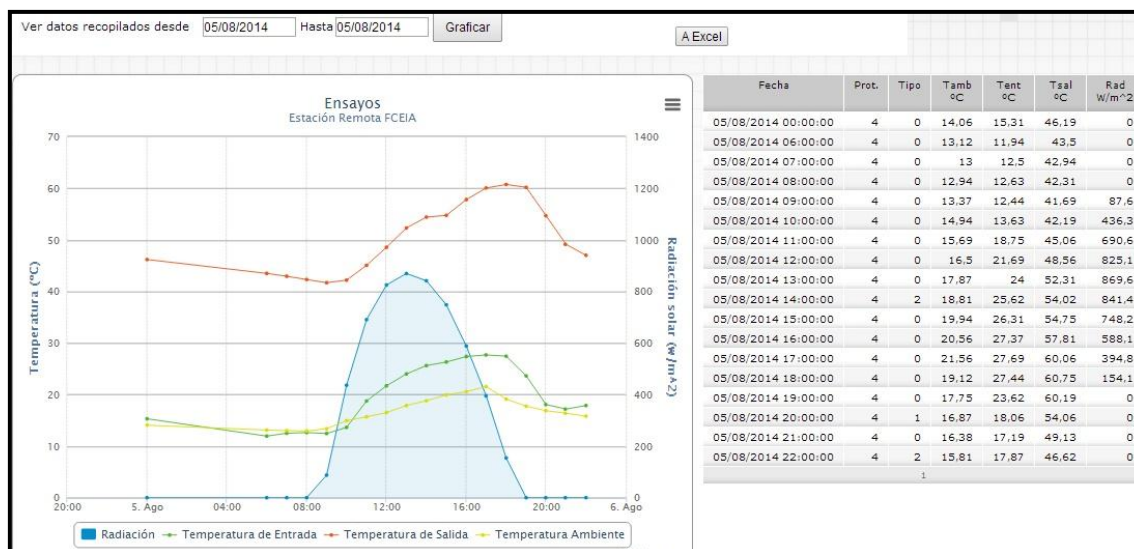


**FIGURA 2:** a) Detalles del microcontrolador, placa GSM, display y botones de seteo de registros de la estación remota. Primera versión. b) Vista del gabinete versión actual.

El software incluye la verificación a los efectos de chequear que la conexión a la red celular es efectiva, asegurando que el sistema está disponible para el envío de los datos en el formato de mensaje de texto. Este procedimiento puede tener datos fallidos producto de caracteres alterados. Para garantizar la exactitud de los datos enviados, se incorporó un código de redundancia cíclica (CRC) y se desarrolló un algoritmo de tipo *hand shake* por el cual, ante un envío de datos fallidos, se solicita un nuevo envío.

Al recibir un mensaje SMS, se chequea la integridad del mensaje ya que, en caso de haber algún error en el envío, el mensaje es descartado y se esperará su reenvío por parte de la estación remota. Si es válido, analiza el mensaje. Cada mensaje puede contener datos de uno o varios ensayos realizados por la estación remota. Los datos de cada ensayo son procesados y almacenados en una base de datos que se encuentra en el servidor; la misma puede ser posteriormente consultada mediante el sitio *Web* del laboratorio remoto. El servidor comunicará a la estación remota que los datos fueron obtenidos satisfactoriamente.

La presentación de los datos en la *Web* se realiza en forma de tabla y de gráfica, de manera de poder visualizar la evolución temporal de los cuatro parámetros medidos: temperatura ambiente, temperatura de entrada, temperatura de salida y radiación. En la Figura 3 se reproduce la gráfica de un conjunto de datos típicos registrados.



**FIGURA 3:** Lectura de datos del día 05/08/2014 en la ciudad de Rosario

La radiación solar se calcula a través de un muestreo de registros y la integración de los valores obtenidos en el intervalo de muestreo de un minuto.

La unidad remota está provista de una batería que provee la alimentación eléctrica con adecuada estabilidad ante cortes, variaciones de tensión y ruidos por la red. El sistema de carga es inteligente y permite desconectar la batería del equipo y conmutarla a la red de 220 V de corriente alterna en un lapso en el que no se realizan ensayos. Además, con la relación entre la capacidad de carga (12V, 9Ah) y el consumo del equipo, se logra una autonomía de tres días.

#### 4.2 Protocolo de uso de agua

Inicialmente, los ensayos con el laboratorio remoto han sido realizados utilizando un protocolo de uso que contempla períodos de extracción de agua que simulan una curva de consumo racional por parte de una familia tipo en una zona central del país. El mismo fue tomado en concordancia con el que ejecuta el INTI en su plataforma de ensayo de Migueletes (Bs. As.). Pero dada la necesidad de adaptar el ensayo a diferentes localidades y hábitos de uso se diseñaron cuatro protocolos más, los cuales pueden ser elegidos y seteados desde la estación fija o desde un teléfono móvil (Reynoso, 2012).

Para lograr este objetivo fue necesario incorporar en el *firmware* la capacidad mencionada de recibir e interpretar comandos. Esta funcionalidad agrega interactividad al equipo remoto, permitiendo realizar una amplia variedad de consultas y cambios de configuración. Actualmente se está utilizando esto, entre otras cosas, para: interrogar el estado de funcionamiento general del equipo remoto, realizar ensayos en el momento, calcular la radiación instantánea, elegir el protocolo de ensayo. Esta lista está abierta y periódicamente, según las necesidades del equipo de investigación, se agregarán otras. En la Figura 4 puede verse la pantalla de configuración con la selección de las opciones de registro.



**FIGURA 4:** Pantalla de configuración

Finalmente, junto con los cambios de hardware realizados, se implementó la solución en un nuevo gabinete más robusto y de menor tamaño, normalizado para ser colgado de un riel DIN en un tablero de uso comercial (Figura 2 b). Para ajustarse a dicho gabinete y proveer robustez se diseñó una placa electrónica con alto nivel de integración, utilizando componentes de montaje superficial.

## 5. Síntesis y perspectivas

Se ha descrito el sistema desarrollado para relevar datos de calefones solares térmicos *in situ*, que permite conocer su eficiencia en condiciones simuladas de uso de agua caliente en domicilios.

En el proceso de optimización de los dispositivos y sus prestaciones, se han relevado como necesarios varios cambios. Se prevé dotar al laboratorio remoto de alimentación energética completa por un sistema solar fotovoltaico, que la independizará de la energía eléctrica de red, y hará posible realmente que la medición en campo pueda realizarse en cualquier sitio.

Con respecto a las condiciones que garanticen la provisión y envío de datos confiables, se ha comenzado el diseño de un sistema de alarmas que alerte sobre cualquier anomalía. Actualmente responde a un comando que indica que el programa esta activo, pero se prevé nuevas capacidades que dependiendo del nivel de criticidad del evento de error, podrá comunicar directamente el mismo a la estación fija y/o a teléfonos celulares. Además se prevé, en corto plazo, cambiar la tecnología de comunicación de datos de GSM a GPRS, lográndose aumentar la velocidad de transmisión y volumen de los mismos significativamente.

Los actuales sistemas domésticos de calefacción de agua están provistos de una resistencia eléctrica cuyo funcionamiento compensa el déficit de energía solar en ciertos horarios y/o en días con gran nubosidad. A los fines de un empleo eficiente de estos

equipos, deben adoptarse pautas de uso que comprenden horas del día óptimas de uso e intervalos de tiempo no convenientes para utilizar el sistema. Para ello, se requiere monitorear el uso real del sistema de calefacción solar de agua, relevando cuándo y cuánta agua se extrae, a qué temperatura sale, cuándo se enciende la fuente eléctrica de compensación, etc. Esos datos permitirán, por una parte, conocer el uso efectivo, y medir en consecuencia, la eficiencia en condiciones de operación real del equipo calefactor; por otra parte, mejorar la eficiencia de los equipos, diseñar protocolos de uso más eficiente y elaborar manuales para el usuario. Asimismo, las empresas productoras de calefones solares podrían utilizar esta información en la mejora de sus productos y sugerir a los usuarios las mejores prácticas de utilización.

Las actualizaciones de hardware y software realizadas en los dispositivos han permitido, entre otros, optimizar mediciones, aumentar la exactitud y confiabilidad de los datos y mejorar la autonomía de la estación remota. El desarrollo experimental del laboratorio remoto móvil ha mostrado cumplir con ese objetivo en escala de ensayo (Saez de Arregui et al., 2013a y 2013b). Todo ello, sumado a la posibilidad de comandar la estación remota desde la estación fija, conducirá, en el corto plazo, a un equipo remoto aún más confiable y adecuado para ser conectado a un calefón en uso en campo. Por otra parte, dado que el sistema está diseñado con un ID (identificador digital), la posibilidad de monitoreo *in situ* no se limita a una sola estación remota, sino que se extiende a un conjunto de ellas en forma simultánea en cualquier parte del país.

El sistema desarrollado ha comenzado a utilizarse como instrumental de ensayo en la asignatura “Laboratorio de Energías renovables” de la Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible de la FCEIA. En la misma los alumnos hacen prácticas en forma remota, que les permiten observar el desempeño de un calefón solar bajo diferentes modos de uso y distintas condiciones climáticas.

## **6. Agradecimientos**

Este trabajo se enmarca en el proyecto: “Laboratorio remoto móvil. Integración de dispositivos para la educación en energías renovables” (UNR-1ING374).

## **7. Bibliografía**

Garnica, J.; Lucchini, J.; Stoll, R.; Barral, J. R. (2010). Ensayos normalizados de colectores solares y sistemas de calentamiento de agua en Argentina: análisis de la situación, avances y dificultades. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 14: 147-154. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2010/2010-t003-a020.pdf>

INTI (2010). Energía Solar. El aporte del INTI. <http://www.inti.gob.ar/e-renova/documentos/documentos10.htm>

IRAM (1983). Norma 210002. Colectores solares. Métodos de ensayo para determinar el rendimiento térmico. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.

Plano, M.; Saez de Arregui, G.; Lerro, F.; Petrocelli, L.; Concari, S. (2012). Un sistema laboratorio remoto móvil para la educación en el área de energías para el desarrollo sostenible. Congreso Mundial de Educación en Ingeniería. WEEF 2012, Bs. As.

Reynoso, T. (2012). Evaluación remota de calefones solares. Factor de diferenciación para la generación de valor. Aportes desde la Universidad para la innovación. Foro

Latinoamericano de Desarrollo Sostenible. Rosario, 22 al 24 Abril 2012.  
<https://prezi.com/nbuyyzuf7zx2/foro-latinoamericano/>

Saez de Arregui, G., Plano, M., Lerro, F., Petrocelli, L., Marchisio, S., Concari, S., Scotta, V. (2013a). A Mobile Remote Lab System to Monitor in Situ Thermal Solar Installations. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 7: 31-34.  
<http://www.online-journals.org/index.php/i-jim>

Saez de Arregui, G.; Plano, M.; Lerro, F.; Petrocelli, L.; Reynoso, T.; Concari, S.; Marchisio, S.; Scotta, V. (2013b). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica. *Innovación Tecnológica para ensayos / soluciones conducentes al ahorro energético. Revista Industrias & Empresas*, 76: 5-13.

## **25TCAm - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICO COMO PARTÍCULAS AGLOMERADAS, OBTENIDO DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA**

**BRITO R., RODRÍGUEZ E., DÍAZ A., LOTO L.A., NAVARRO FUENTES C.E**

**Docente-Investigador Parque Tecnológico y CENIIT -UNLaR.**

**Docente-Investigador Cátedra Elayotecnia - Parque Tecnológico-UNLaR.**

**Alumna Becaria EVC-Ingeniería Industrial. Laboratorio de Ensayos de Materiales**

**Docente-Laboratorio Química Analítica - UNLaR**

**Docente -Cátedra Tecnología Alimenticia I- UNLaR**

**raquelbri@live.com.ar**

### **Resumen**

La región del NOA argentino presenta un desarrollo de la actividad olivícola con excelentes resultados productivos destinados a la Industria aceitera, sin embargo esta evolución productiva trajo aparejada la necesidad de tratar aquellos residuos sólidos producto de esta industria alimenticia. Es por ello que la Universidad Nacional de La Rioja se encuentra trabajando en líneas prioritarias sobre Control y Protección del Medio Ambiente dentro de un modelo de desarrollo sustentable con el objetivo de disminuir estos desechos industriales que terminan en vertederos o en rellenos sanitarios. En este sentido la presente investigación busca reciclarlos en placas de aglomerado para luego determinar y analizar sus propiedades físicas y mecánicas. Las probetas ensayadas resultaron tener un buen comportamiento ante procesos de corte. La densidad del aglomerado presentó un perfil de alta densidad, siendo beneficioso, ya que los materiales de baja densidad son más susceptibles de sufrir los rigores de la humedad. El ensayo de humedad mostró un índice del adecuado fraguado y el de hinchamiento indicó resistencia a la influencia del agua. Con respecto a la resistencia a la flexión, los resultados indicaron que el aglomerado de madera resiste una mayor carga de flexión, pero el aglomerado de orujo admite una mayor deformación por flexión.

**Palabras Claves:** Placas, Aglomerado, Industria, Olivícola, Ambiente.

### **1. Introducción**

En la provincia de La Rioja la actividad olivícola tuvo un importante crecimiento, expandió la superficie implantada de 3.000 has a 22.862 has (Censo Nacional Agropecuario 2008). El 55% de la superficie implantada tienen como destino la aceituna en conserva y el 45% restante, la producción de aceite de oliva (PROFIP-Gobierno de la Provincia de La Rioja Argentina-2009). Según los datos relevados por el grupo de investigación en el marco del presente proyecto, se permite inferir que la industria del aceite de oliva genera en promedio 79 millones de kg de residuos (2014) totales, de los cuales el 30% son sólidos (semilla o hueso), parte de ello son incinerados en calderas y el resto son utilizados para rellenar caminos no pavimentados o vertederos.

Los residuos sólidos, de aspecto granulado, provienen de la molienda, ya que parte del proceso es reducir la fruta para liberar el aceite, dejando así el carozo de la misma en partículas de un tamaño promedio de 4 mm de diámetro aproximadamente. Los restos, tal cual salen del proceso, deben ser tratados antes de ser materia prima de aglomerados. Estos paneles son producto de la unión de entidades discretas por medio de fuerzas físicas entre partículas y sustancias ligantes, y donde dichos ligantes son sustancias que se adhieren química o físicamente a las superficies del sólido formando uniones entre partículas de material (Mort P., 2005).

Idealmente, el ligante es también una variable importante, dicho ligante se disuelve en agua como etapa previa a su mezcla con el material sólido durante el proceso de aglomeración. En ocasiones esta mezcla de ligante y agua se adiciona en caliente para favorecer las propiedades adhesivas, siempre y cuando el ligante tenga propiedades específicas para este tratamiento. La elección de la sustancia ligante a emplear es mayoritariamente empírica y depende de la experiencia previa del equipo que formula el proceso, posteriormente en la compactación, la presión externa actúa modificando la densidad relativa (Pietsch W., 1997).

Otras de las propiedades importantes de conocer en un aglomerado es la uniformidad en su espesor, en su escuadría, la resistencia y rigidez a esfuerzos de flexión estática, la adherencia de las partículas con las que está elaborado, el grado de absorción de humedad e hinchamiento que pueda alcanzar, así como el perfil de densidad que presenta respecto a su espesor. Estas propiedades son determinantes para el aprovechamiento del tablero y su posterior aplicación específica en usos donde algunas de esas propiedades son decisivas para obtener el máximo beneficio desde el punto de vista de rendimiento, durabilidad y economía (Flamand R. J., 1961).

El objetivo de este proyecto fue caracterizar materiales a base de orujo, determinando algunas propiedades físicas y mecánicas.

## **2. Materiales y Métodos**

La materia prima para la elaboración de las probetas está conformada por partículas de orujo molido proveniente de la Fábrica de aceite de oliva de la Universidad Nacional de La Rioja. Las mismas fueron realizadas de acuerdo a la metodología propuesta por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Si bien son muchas las variables que pueden ser estudiadas para determinar o caracterizar un material aglomerado, fue necesario establecer propiedades esenciales como la densidad, contenido de humedad, hinchamiento, carga de flexión (N), deformación por flexión (%) lo cual permitió elaborar un perfil de comportamiento de las mismas (probetas de orujo) en función de los patrones de comparación comercial.

La metodología de trabajo adoptada incluyeron las siguientes etapas:

- Fabricación de probetas de ensayo
- Realización de pruebas.
- Análisis de los resultados

Considerando la norma 9703-1 recomendada por (IRAM), se muestrearon para cada ensayo, según IRAM 9704, 9705, 9706 y 9720, correspondiente a Humedad, Densidad, Resistencia a la Flexión e Hinchamiento por inmersión.

#### Fabricación de Probetas

El proceso inicia tomando orujo obtenido de una separadora de hueso y restos de pulpa. Después de varias pruebas, dosificaciones de los materiales que intervienen en la mezcla fundacional de la probeta de orujo y resultados de ensayos previos, se optó por una mezcla (orujo-adhesivo), del 20% de adhesivo vinílico para madera en dispersión acuosa y no inflamable que actúa a temperatura ambiente. Posteriormente se lleva a un molde para ser prensado con una fuerza de 10 Tn aproximadamente y a temperatura ambiente, dejando fraguar la mezcla 5 días hasta su secado natural.

#### Ensayo para Determinar la Densidad

La densidad se define entonces como la relación entre la masa expresada en gramos (gr), y el volumen en cm<sup>3</sup>, de las partículas de ese material incluidos todos los poros (saturables y no saturables).

Expresión de los resultados: La densidad de cada probeta se determina según la siguiente fórmula:

$$\delta = m/V \quad \delta = (m / b_1 b_2 t) \quad (1)$$

Donde:

$\delta$  = Densidad de la probeta, expresada en g/cm<sup>3</sup>.

m = Peso de la probeta, en gramos.

b<sub>1</sub> = Longitud promedio de la probeta, en cm.

b<sub>2</sub> = Ancho promedio de la probeta, en cm.

t = Espesor promedio de la probeta, en cm.

V = Volumen

Se calcula la densidad de la muestra como el promedio aritmético de las densidades de todas las probetas que la componen.

#### Ensayo para Determinar la Humedad

Este ensayo tiene por finalidad determinar la cantidad de agua presente en el tablero, expresada en porcentaje (%).

La humedad de cada probeta se determina según la siguiente fórmula:

$$CH = 100 * (P_1 - P_0) / P_0 \quad (2)$$

Donde:

CH = Contenido de humedad de la probeta, expresado en %.



$P_0$  = Peso seco al horno de la probeta, expresado en gramos.  
 $P_1$  = Peso de la probeta antes de secarla, expresado en gramos.

Ensayo para Determinar el Hinchamiento del Espesor:

Se calcula el hinchamiento del espesor de cada probeta  $G_0$  respecto al espesor inicial mediante la siguiente fórmula:

$$G_0 = (e_2 - e_1 / e_1) * 100 = \quad (3)$$

Donde:

$G_0$  = Hinchamiento del espesor. Este valor se expresa como porcentaje.

$e_1$  = Espesor de la probeta antes de la inmersión en mm.

$E_2$  = Espesor de la probeta después de la inmersión en mm.

Ensayo para Determinar la Resistencia a la Flexión

Se determina la resistencia a la flexión y algunos de sus componentes utilizados en el presente trabajo como carga de flexión (N), deformación por flexión (%). El Equipo INSTRON-Modelo:3369(USA) con una capacidad 5 Ton. Los resultados (modelación gráfica) son entregados por el equipo a través de su software de gestión.

### 3. Resultados y Discusión

Resultados obtenidos de la determinación del Hinchamiento

Patrón	Orujo
Hinchamiento	Hinchamiento
<b>16,70%</b>	<b>4,54%</b>

**TABLA 1**

Resultados Obtenidos de la Determinación de la Densidad

Probetas Patrón (6 probetas)				
b1(cm)	b2(cm)	t(cm)	m(gr)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
5,18	4,82	1,77	28,53	0,65
PROBETAS Orujo (6 probetas)				
b1	b2	e	m	Densidad(g/cm <sup>3</sup> )
4,94	4,91	1,99	44,34	0,93

**TABLA 2**

Clasificación de Tableros Aglomerados según su Densidad

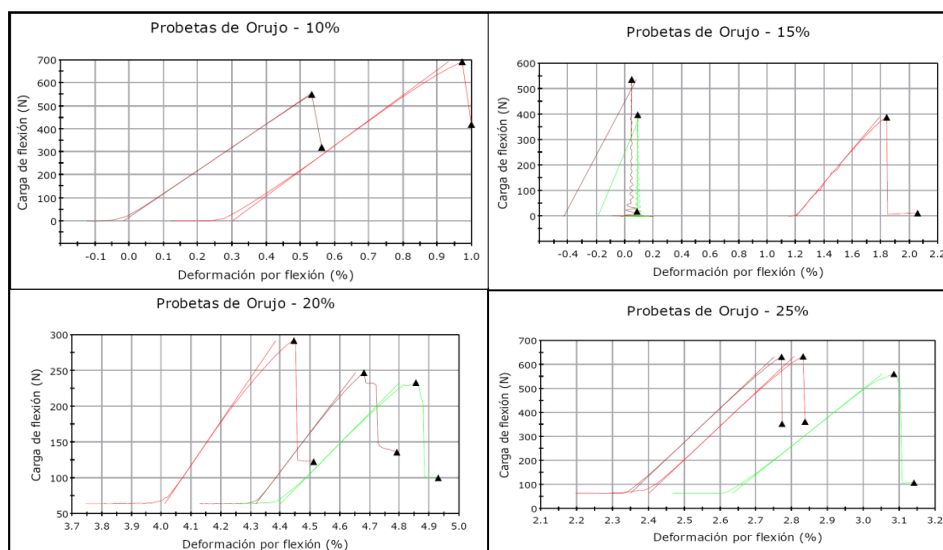
Tableros de madera aglomerada	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
De baja densidad o aislantes	0.25-0.40
De densidad media	0.40-0.80
De gran densidad o duros	0.80-1.20

**TABLA 3** Becerra Martínez J. 1976

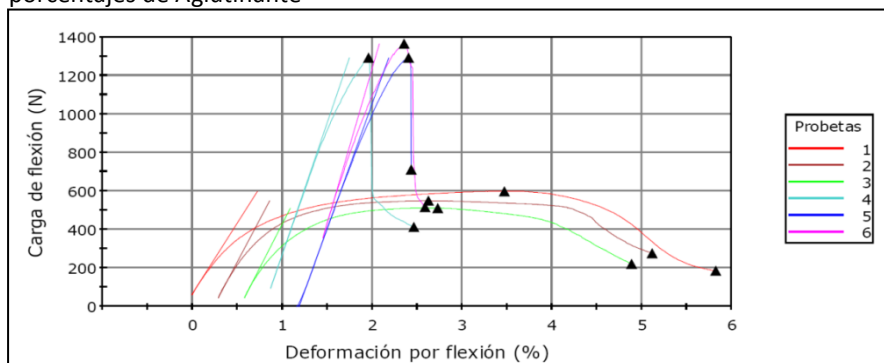
Resultados Obtenidos de la Determinación de la Humedad		
Probetas Patrón		
P <sub>1</sub>	P <sub>O</sub>	Humedad en (CH=%)
35,5	32,9	8,02
Probetas Orujo		
P <sub>1</sub>	P <sub>O</sub>	Humedad en (CH=%)
35,60	32,90	8,21

**TABLA 4**

Resultados obtenidos para determinar Carga de Flexión Vs Deformación por Flexión



**FIGURA 2:** Resultados de Carga de Flexión Vs Deformación por Flexión a distintos porcentajes de Aglutinante



**FIGURA 3:** Resultados de Carga Máxima de Flexión vs. Deformación por Flexión. Aglomerado de Orujo (Probeta 1,2 y 3) y Comercial ó Patrón (Probeta 4,5 y 6)

La FIGURA 2 muestra los primeros ensayos que se hicieron únicamente con orujo, al 10%, 15%, 20% y 25% de aglutinante con el objetivo de lograr una dosificación adecuada. Sin embargo los resultados Carga Máxima de Flexión vs. Deformación por

Flexión se muestran desfavorables para un 10%, 15% y 25% en las probetas a base de orujo. Es por ello que se opta por dosificar en un 20% de aglutinante, que es el que presenta mejores resultados sobre la deformación por flexión (%) e incorporando como alma de la probeta una banda plástica mallada (usadas para unir placas de yeso) dando como resultado *la* FIGURA 3.

En cuanto al ensayo de humedad el aglomerado de Orujo presenta una pérdida de porcentaje de humedad igual 8,21 % y según (Contreras W. 2005), el contenido de humedad de los tableros que respondan a valores del  $8\% \pm 2\%$  indica un buen índice del adecuado fraguado de la cola, así como de una óptima evaporación de la humedad del tablero en su proceso de fabricación.

Las probetas de orujo que fueron sometidas a hinchamiento presentaron un porcentaje de 4,37 % contra un 16,70 % de las probetas comerciales, indicando esto la gran resistencia que presenta el aglomerado de orujo a la influencia del agua. Cabe mencionar que las probetas, una vez concluido el experimento, fueron aisladas para observar su comportamiento posterior y en un plazo de cuarenta y cinco días, los patrones comerciales habían desarrollado mohos en casi toda su superficie, mientras que las probetas de orujo se presentaron ajenas a este ataque.

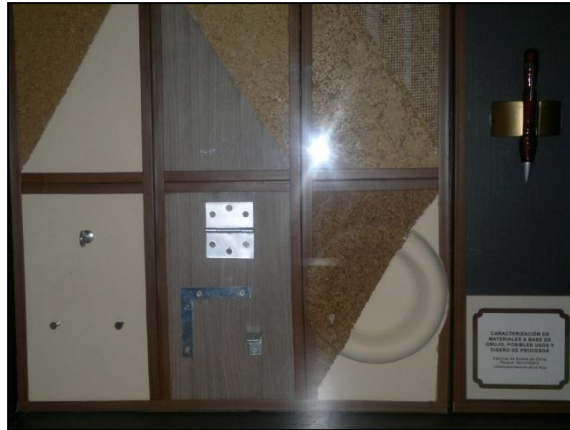
Por su densidad se encuentra que, el mismo, puede ser considerado como un aglomerado de alta densidad, siendo menos susceptibles de sufrir los rigores de la humedad, hinchándose y variando de volumen.

En cuanto a los ensayos de comportamiento mecánico realizados en el laboratorio, se observó que en las probetas de orujo admiten una menor carga de flexión en comparación a los patrones. Sin embargo como muestran estas mismas curvas (FIGURA 3), las roturas en los patrones se producen antes que en las probetas de orujo, lo que implica que este nuevo material admite una mayor deformación que los tableros comerciales.

#### **4. Conclusiones**

Se puede inferir que los tableros de orujo presentan un comportamiento ideal como revestimiento de paredes ocultando zonas dañadas por la humedad, salitre y hongos. Se puede obtener un buen acabado una vez enduido y pintado, manteniendo de esta manera la estética de la pared, cumpliendo una función similar a los paneles de yeso (FIGURA 4).

Si bien este tablero aglomerado de partículas a base de orujo puede llegar a ser empleado como paneles para interiores se considera necesario realizar ensayos, tales como arranque de clavos y tornillos, comportamiento en ambientes salinos, propagación térmica, resistencia al impacto, comportamiento ante el fuego, aislante acústico y reacción ante agentes biológicos y químicos, como así también el uso de aglutinantes alternativos como los adhesivos de termofusión ó adhesivos a partir de concentrado de proteína de soja (Chanchan et al., 2012), con aplicación en aglomerados y así obtener aglomerados ambientalmente sostenibles.



**FIGURA 4:** Muestrario de distintas aplicaciones de los Tableros a base de Orujo

## 5. Referencias Bibliográficas

- Becerra Martinez J. 1976 Algunas Características Físicas y Mecánicas de Tableros de Partículas Producidos en México y sus probables usos en la Construcción- *Ciencia Forestal* -vol. 1, Núm. 2 –pág. 33-40.
- Censo Nacional Agropecuario 2008.
- Chanchan Wang, Jianping Wu 2012. Adhesives derived from agricultural proteins. Patente registrada por la Universidad de Alberta, Canadá.
- Contreras W. (2004) Elaboración de Tableros Aglomerados de Partículas de Caña Brava (*Gynerium sagittatum*) y Adhesivo Urea–Formaldehído. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera. Sep.-Oct. pág. 72-75.
- Flamand R., J. 1962. Propiedades y Aplicaciones de Tableros semiduros de Madera Aglomerada. Bol. Tec. N° 3 SAG. Subsecretaría de Recursos Forestales y de la Caza. INIF. Mexico. 11p.
- Mort P. (2005) Scale-up of binder agglomeration processes. *Powder Technology*. 150, 86-103.
- Pietsch W. (1997) Granulate Dry Particulate Solids by Compaction and Retain Key Powder Particle Properties. *Chemical Engineering Progress*. 93 (4), 24-46.
- PROFIP-Gobierno de la Provincia de La Rioja-2009.

## 26TCAM - CINÉTICA Y ESTEQUIOMETRÍA DE LA DEGRADACIÓN AEROBIA DE BISFENOL A Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS POR BARROS ACTIVADOS

FERRO OROZCO<sup>1</sup> A.M., CONTRERAS<sup>1</sup> E.M., ZARITZKY N.E.<sup>2,3</sup>

1.Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA).  
Fac. de Ingeniería, UNMDP.

2.Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA).  
Fac. de Cs. Exactas, UNLP.

3.Fac. de Ingeniería, UNLP.

e-mail: [micaela.ferro@fi.mdp.edu.ar](mailto:micaela.ferro@fi.mdp.edu.ar)

### Resumen

El bisfenol A (BFA) ha sido descripto como un compuesto estrogénico. Sin embargo, es utilizado industrialmente en la producción de policarbonatos, resinas epoxi y otros plásticos. Como resultado de su amplio uso ha sido detectado en aguas residuales (AR) industriales y municipales. Una de las metodologías propuestas para lograr la descontaminación de AR conteniendo BFA es la utilización de cultivos microbianos mixtos como los barros activados (BA). Diversos estudios sobre la biodegradación de BFA han demostrado la presencia de 4-hidroxiacetofenona (4HAF), 4-hidroxibenzaldehído (4HBA) y ácido 4-hidroxibenzoico (A4HB) como los principales intermediarios metabólicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética y la estequiometría de la degradación aeróbica de BFA y sus productos empleando barros activados. Se analizó el efecto del tiempo de residencia celular (TRC) y del incremento en la concentración de sustrato ( $5\text{--}20\text{ mg L}^{-1}$ ) sobre los parámetros cinéticos y estequiométricos. La biodegradación de los compuestos fue estudiada empleando un respirómetro abierto. En todos los ensayos se utilizaron barros aclimatados previamente al BFA. El TRC no afectó la cinética de degradación de BFA y 4-HAF. Por el contrario, la cinética de degradación de A-4HB y 4-HB fue mayor para BA<sub>30</sub> que para BA<sub>45</sub>. Los valores de  $q_{O_2}$  correspondientes a BFA se mantuvieron aproximadamente constantes durante los tres ciclos sucesivos en los que se incrementó la concentración de BFA. Sin embargo, los valores de  $q_{O_2}$  para la 4HAF, 4HBA y A4HB se incrementaron tanto con la concentración de sustrato como en cada uno de los ciclos sucesivos. Estos resultados indicarían un nuevo período de aclimatación de la biomasa ante la presencia de los mencionados compuestos. Los valores correspondientes al coeficiente de oxidación de los sustratos en estudio ( $Y_{O/S}$ ,  $\text{molO}_2\text{ molS}^{-1}$ ) fueron similares para los diferentes TRC. Además, la concentración inicial del sustrato estudiado tampoco afectó el valor de  $Y_{O/S}$ . Los valores medios de  $Y_{O/S}$  para BFA, 4HAF, 4HBA y A4HB fueron  $10.21 \pm 0.95$ ,  $5.34 \pm 0.41$ ,  $3.79 \pm 0.17$  y  $3.14 \pm 0.30\text{ molO}_2\text{ molS}^{-1}$ , respectivamente. Considerando la reacción de oxidación total de cada uno de los sustratos y la ruta metabólica para la degradación microbiana aeróbica de BFA propuesta en literatura, los resultados sugieren que la oxidación de todos los sustratos en estudio se produce hasta compuestos que no presentan toxicidad.

## 1. Introducción

El bisfenol A (BFA) es considerado un compuesto estrogénico. Es utilizado industrialmente en la producción de policarbonatos, resinas epoxi y otros plásticos (Sasaki y col., 2005), como consecuencia, ha sido detectado en aguas residuales (AR) industriales y municipales. Una de las metodologías propuestas para lograr la descontaminación de AR conteniendo BFA es la utilización de cultivos microbianos puros o mixtos (Sakai y col., 2007; Zhang y col., 2007; Kabiersch y col., 2011). La biodegradación de BFA generalmente se produce a través de dos rutas metabólicas que conducen a la formación de varios productos de degradación. Durante la ruta menor se produce la acumulación de los productos finales 2,3-bis(4-hidroxifenil)-1,2-propanodiol y p-hidroxifenil alcohol (Spivack y col., 1994). Por otra parte, aun cuando a través de la mayor ruta el BFA puede ser mineralizado completamente, en varios casos ha sido descripta la acumulación de 4-hidroxiacetofenona (4-HAF), 4-hidroxibenzaldehído (4-HB) y ácido 4-hidroxibenzoico (A-4HB) como sus principales productos (Spivack y col., 1994; Sasaki y col., 2005; Sakai y col., 2007; Zhang y col., 2007). Por lo tanto, para evaluar el impacto de la descarga de BFA en el medio ambiente debe considerarse también la biodegradabilidad de sus productos de degradación.

Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética y la estequiometría de la degradación aeróbica de BFA y sus productos empleando barros activados. Con tal motivo se analizará el efecto del tiempo de residencia celular (TRC) y del incremento en la concentración de sustrato sobre los parámetros cinéticos y estequiométricos.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Barros activados y aclimatación de los barros activados al bisfenol A

La biomasa para la realización de los ensayos fue obtenida a partir de dos plantas de tratamiento de efluentes por barros activados a escala laboratorio (4.5 L). Las condiciones de operación de las plantas fueron las siguientes: temperatura =  $20 \pm 2$  °C, tiempo de residencia hidráulico = 2 días, tiempo de residencia celular = 30 o 45 días. Las plantas fueron alimentadas con un medio de cultivo sintético compuesto por 1500 mg de suero de queso deshidratado, 94 mg de  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  y 1030 mg de  $\text{NaHCO}_3$  disuelto en un litro de agua. El oxígeno fue suministrado mediante burbujeadores que también proveían de agitación; la concentración de oxígeno disuelto fue mayor a 4  $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ . En estado estacionario el pH de las plantas fue de  $7.0 \pm 0.5$ .

Previo a su utilización en los ensayos, la biomasa obtenida a partir de las dos plantas de tratamiento de efluentes fue aclimatada a la presencia de BFA. Para tal fin, la biomasa fue centrifugada y resuspendida en buffer fosfato ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2 g  $\text{L}^{-1}$ ;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.5 g  $\text{L}^{-1}$ , pH = 7). Se adicionaron además las soluciones de micronutrientes M1 y M2 (1 ml  $\text{L}^{-1}$ ). La composición de la solución M1 fue (expresada como g/100ml):  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1.5,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.5,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0.3,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.075,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.015, y ácido cítrico 0.6. La solución M2 contenía (g/100ml):  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.05,  $\text{BO}_3\text{H}_3$  0.01, KI 0.01. La aclimatación de la biomasa fue monitoreada mediante la medición de la concentración de BFA en función del tiempo.

## 2.2. Ensayos de biodegradación

La biodegradación de los diferentes compuestos fue estudiada empleando una técnica respirométrica. Los ensayos respirométricos se realizaron en respirómetro abierto compuesto por un reactor cilíndrico (volumen total = 500ml), control de temperatura ( $25 \pm 2$  °C), un sistema de provisión de aire (bomba y difusor), agitador magnético y un electrodo de oxígeno disuelto (YSI Incorp. Modelo ProODO, Ohio, USA) conectado a una PC que permitía la adquisición de un dato cada 5 segundos. La calibración del respirómetro se realizó mediante un método dinámico (Ros, 1993). El experimento consistía en colocar en el respirómetro 500 mL de una muestra de barros aclimatados al BFA con una concentración de biomasa conocida ( $2\text{--}2.5 \text{ gSST L}^{-1}$ ). Luego se agregaba un pulso de una solución stock del sustrato en estudio (BFA, 4-HAF, A-4HB, 4-HB) para obtener la concentración final deseada. En todo momento se monitoreó la concentración de oxígeno disuelto ( $C$ ,  $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) en el respirómetro en función del tiempo. A partir del balance de masa para el OD se calculó la velocidad de respiración ( $R_T$ ,  $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) mediante la siguiente expresión:

$$R_T = K_L a (C_S - C) - \frac{dC}{dt} \quad (1)$$

donde  $K_L a$  ( $\text{h}^{-1}$ ) es el coeficiente global de transferencia de oxígeno y  $C_S$  ( $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) la concentración de OD de saturación en las condiciones de operación.

La velocidad total de respiración de los microorganismos ( $R_T$ ) puede ser dividida en una velocidad de respiración endógena ( $R_{En}$ ) y una exógena ( $R_{Ex}$ ). Cuando no hay ningún tipo de sustrato oxidable ( $S$ ), los microorganismos oxidan su propia biomasa con el objeto de generar energía para las funciones de mantenimiento celular ( $R_{En}$ ). Al agregar un sustrato se observa un aumento de  $R$  asociado a la oxidación del sustrato agregado; en este caso  $R_T = R_{En} + R_{Ex}$ ; cuando se agota  $S$ ,  $R$  vuelve a un valor cercano al inicial. Así, el oxígeno consumido ( $OC$ ,  $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) durante la oxidación de  $S$  resulta (Vanrollehem y col., 1994):

$$OC = \int (R_T - R_{En}) dt = \int R_{Ex} dt \quad (2)$$

A partir de este valor se calculó el coeficiente de oxidación del sustrato ( $Y_{O/S}$ ,  $\text{mgO}_2 \text{ mgS}^{-1}$ ) como el cociente entre  $OC$  y la concentración inicial de sustrato agregado ( $\text{mgS L}^{-1}$ ). Con el objeto de normalizar los resultados y así poder realizar comparaciones válidas entre experimentos con diferente concentración de biomasa ( $X$ ,  $\text{gSST L}^{-1}$ ), los valores de las velocidades ( $R$ ) fueron expresados por unidad de biomasa. Por lo tanto:

$$q_{O_2} = \frac{R_{ex}}{X_o} \quad (3)$$

donde  $q_{O_2}$  ( $\text{mgO}_2 \text{ gSST}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) es la velocidad específica de consumo de oxígeno,  $R_{ex}$  es la velocidad de consumo de oxígeno correspondiente a cada sustrato ( $\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), y  $X_o$  es la concentración de biomasa en el respirómetro. Cuando se analizó el efecto del TRC, se adicionaron pulsos de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  para todos los sustratos en estudio.

Para analizar el efecto de la concentración de cada sustrato, la misma se incrementó diariamente. En el caso del BFA, la concentración testeada varió entre  $5$  y  $40 \text{ mg L}^{-1}$ ,

mientras que para la 4-HAF, A-4HB y 4-HB la concentración estudiada se encontró entre 10 y 120 mg L<sup>-1</sup>. En todos los casos se realizaron tres ciclos de incremento en la concentración de sustrato. Se utilizaron barros activados provenientes de una planta operando con un TRC de 30 días y aclimatados al BFA.

### **2.3. Técnicas analíticas**

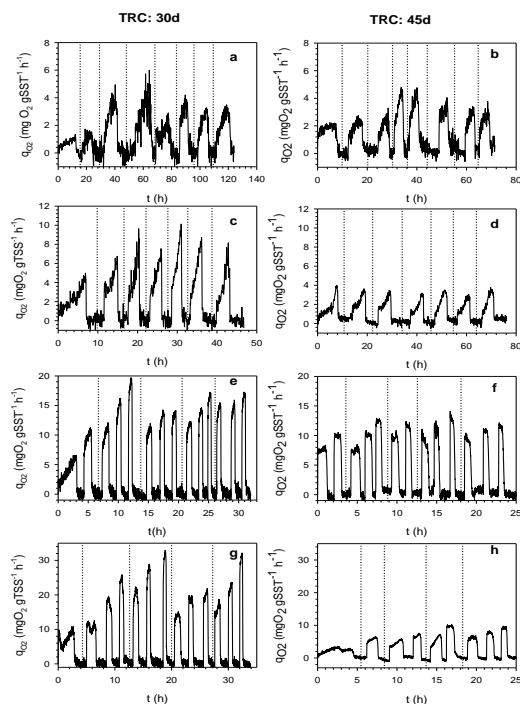
La concentración de biomasa fue medida como sólidos suspendidos totales (SST, mg L<sup>-1</sup>). La concentración de BFA durante la aclimatación de los barros activados fue determinada utilizando el método colorimétrico de la 4-aminoantipirina (Modaressi y col., 2005).

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Efecto del tiempo de residencia celular (TRC)**

La Figura 1 muestra las curvas respirométricas correspondientes a la adición de pulsos sucesivos (20 mg L<sup>-1</sup>) de los cuatro sustratos en estudio para barros activados con TRC de 30 y 45 días (BA<sub>30</sub>, BA<sub>45</sub>). Los valores de q<sub>O2</sub> correspondientes al BFA fueron similares para ambos tipos de biomasa. Sin embargo, aunque los BA con TRC de 30 y 45 días fueron capaces de degradar todos los compuestos estudiados, la velocidad específica de consumo de oxígeno (q<sub>O2</sub>) obtenida mediante la adición de 4-HAF, A-4HB y 4-HB fue mayor para BA<sub>30</sub> que para BA<sub>45</sub>. Por otra parte, en la Figura 1 puede observarse que la velocidad de biodegradación de BFA y 4-HAF se mantuvo aproximadamente constante en función de la adición de los pulsos sucesivos. Cada curva respirométrica correspondiente a ambos compuestos duró aproximadamente entre 5 y 6 horas; por lo tanto, no fue posible aplicar más de un pulso de sustrato por día. En contraposición, cada curva respirométrica correspondiente al A-4HB y 4-HB tuvo una duración de aproximadamente 1 hora, lo cual permitió adicionar más de un pulso de sustrato por día. Para ambos sustratos la adición de pulsos sucesivos generó un aumento progresivo de los valores de q<sub>O2</sub> durante cada día de experimentación.

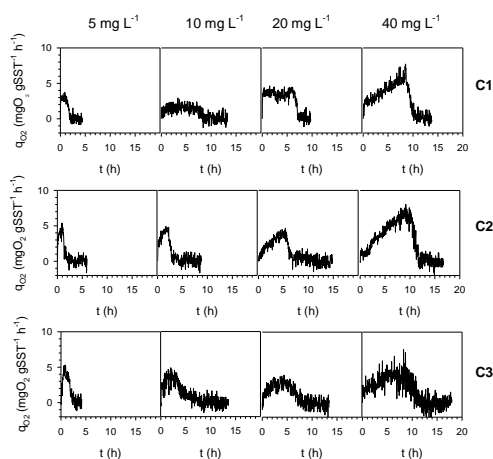




**Fig.1.** Efecto del TRC en la velocidad de degradación de BFA, 4-HAF, A-4HB y 4-HB por barros activados. (a, b) BFA, (c, d) 4-HAF, (e, f) A-4HB y (g, h) 4-HB. Las líneas punteadas separan los días de duración del ensayo en cada caso. Cada curva representa la adición de un pulso de sustrato.

### 3.2. Efecto de la concentración del sustrato

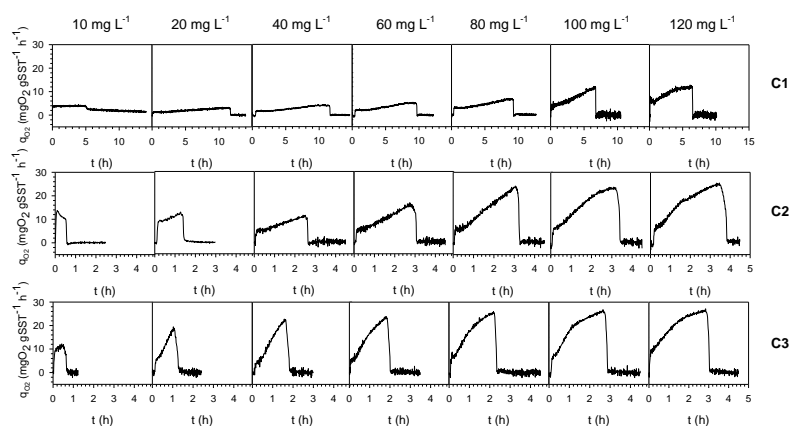
La concentración de sustrato se incrementó diariamente (entre 5-40 mg L<sup>-1</sup> para BFA y entre 10-120 mg L<sup>-1</sup> para los demás sustratos). La Figura 2 muestra los resultados correspondientes al BFA. El aumento en la concentración de BFA provocó un incremento en el tiempo requerido para el consumo del sustrato. Sin embargo, los resultados correspondientes a los tres ciclos (C1, C2, C3) fueron similares.



**Fig.2.** Curvas respirométricas correspondientes al aumento en la concentración de BFA en los ciclos sucesivos (C1, C2, C3).

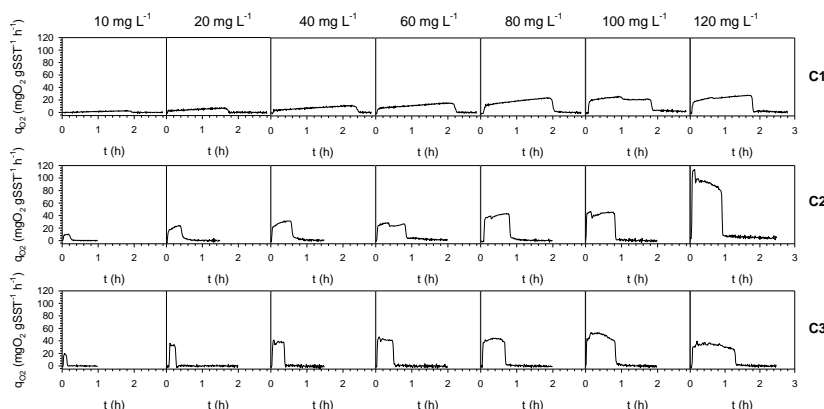
La Figura 3 muestra los resultados obtenidos utilizando 4-HAF. Considerando una misma concentración en los tres ciclos sucesivos (C1, C2, C3), puede observarse que los valores de  $q_{O_2}$  se incrementaron paulatinamente y disminuyó el tiempo requerido para el

agotamiento del sustrato. Es importante señalar que, si bien los BA se encontraban previamente aclimatados al BFA, los resultados que se presentan en la Figura 3 indicarían una nueva aclimatación ante el cambio de sustrato (de BFA a 4-HAF) como única fuente de carbono y energía. Para cada concentración en estudio, durante el primer ciclo, los valores de  $q_{O_2}$  fueron significativamente menores que aquellos obtenidos en los ciclos siguientes; asimismo, el tiempo requerido para el agotamiento del sustrato durante el C1 fue considerablemente mayor que el requerido en los ciclos C2 y C3. Si bien los resultados indicarían que la nueva etapa de aclimatación se produciría durante el C1, no se observó una estabilización de los valores de  $q_{O_2}$  en los tres ciclos sucesivos. Por tal motivo, no fue posible sacar conclusiones en relación al efecto de la concentración de sustrato en este caso.

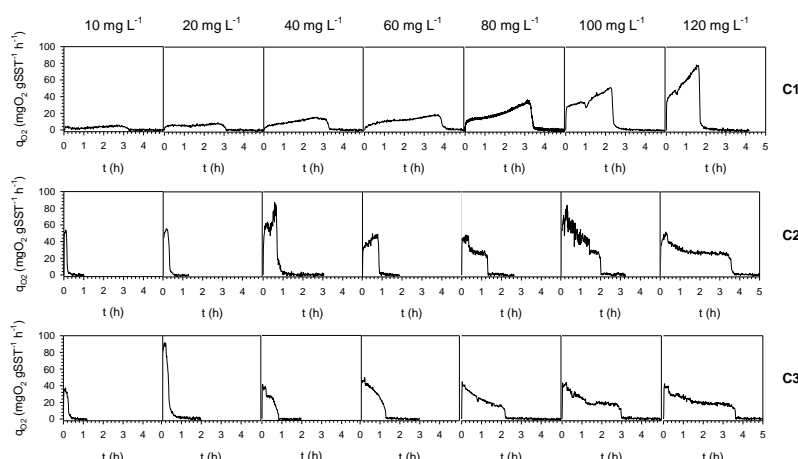


**Fig.3.** Curvas respirométricas correspondientes al aumento en la concentración de 4-HAF en los ciclos sucesivos (C1, C2, C3).

Los resultados obtenidos utilizando A-4HB (Fig.4) y 4-HB (Fig.5) fueron similares a los encontrados con 4-HAF. Sin embargo, durante el C3, la adición de 120  $mg \cdot L^{-1}$  A-4HB provocó un descenso en el valor de  $q_{O_2}$  y un leve aumento en la duración del consumo de sustrato en relación al C2. En el caso del 4-HB se observó un comportamiento similar a partir de la adición de 60  $mg \cdot L^{-1}$  4-HB en el C3, disminuyendo los valores de  $q_{O_2}$  y aumentando el tiempo requerido para el consumo del sustrato en relación a los valores del C2. A partir de los valores de OC (ec.2) se calcularon los valores correspondientes al coeficiente de oxidación para cada uno de los compuestos en estudio ( $Y_{O/S}$ ,  $molO_2 \cdot molS^{-1}$ ) (Fig. 6)

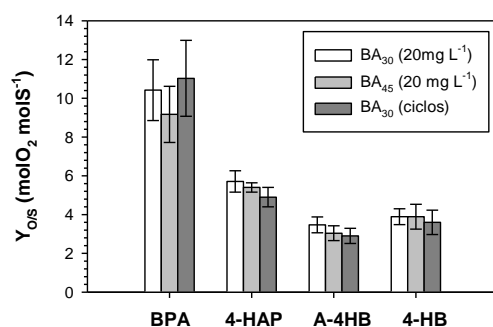


**Fig.4.** Curvas respirométricas correspondientes al aumento en la concentración de A-4HB en los ciclos sucesivos (C1, C2, C3).



**Fig. 5.** Curvas respirométricas correspondientes al aumento en la concentración de 4-HB en los ciclos sucesivos (C1, C2, C3).

La Figura 6 muestra que la estequiometría de las reacciones de degradación de cada uno de los sustratos testeados no se ve afectada por los factores analizados (TRC, concentración de sustrato y aclimatación). Según la reacción de oxidación total, la cantidad máxima de moles de  $\text{O}_2$  que se utilizan en la oxidación completa de cada uno de los sustratos debe ser la siguiente: 18  $\text{molO}_2 \text{ mol BFA}^{-1}$ , 9  $\text{molO}_2 \text{ mol 4-HAF}^{-1}$ , 7  $\text{molO}_2 \text{ mol A-4HB}^{-1}$ , y 7.5  $\text{molO}_2 \text{ mol 4-HB}^{-1}$ . Como puede observarse en la Figura 6, los coeficientes de oxidación obtenidos fueron menores al valor correspondiente para su oxidación total. Por otra parte, considerando la ruta metabólica para la degradación microbiana aeróbica de BFA propuesta en literatura (Spivack y col., 1994), los valores de  $Y_{O/S}$  obtenidos sugieren que la velocidad de respiración de los microorganismos disminuye hasta el valor basal ( $R_{\text{end}}$ ) cuando el BFA, A-4HB y 4-HB son oxidados hasta al menos 3-carboxi-cis,cis-muconato. En el caso de la 4-HAF, la velocidad de respiración microbiana disminuiría hasta el valor de la respiración endógena cuando el compuesto es oxidado al menos hasta ácido 4-cis-cis-hidroximucónico semialdehído. Tanto este compuesto como el 3-carboxi-cis,cis-muconato son fácilmente metabolizados para formar intermediarios metabólicos en el ciclo de Krebs (UMBBD, 2012), lo que sugiere que la oxidación de todos los compuestos en estudio se produce hasta compuestos que no presentan toxicidad y que pueden ser degradados fácilmente.



**Fig. 6.** Coeficiente de oxidación de sustrato ( $Y_{O/S}$ ) correspondiente a BFA, 4-HAF, A-4HB y 4-HB obtenido para  $BA_{30}$  y  $BA_{45}$  mediante la adición de pulsos de concentración constante (20  $\text{mg L}^{-1}$ ), y para  $BA_{30}$  en los ciclos sucesivos con incremento en la concentración de cada sustrato en estudio. Las barras indican el desvío estándar.

#### 4. Conclusiones

- Los barros activados aclimatados al BFA fueron capaces de degradar todos los compuestos en estudio.
- El TRC no afectó la cinética de degradación de BFA y 4-HAF. Por el contrario, la cinética de degradación de A-4HB y 4-HB fue mayor para BA<sub>30</sub> que para BA<sub>45</sub>.
- La cinética de degradación de BFA fue similar en los tres ciclos sucesivos. Sin embargo, el comportamiento observado para los demás sustratos indicó una nueva etapa de aclimatación de la biomasa.
- La estequiometría de la reacción de degradación de todos los sustratos estudiados no fue afectada por el TRC o por el incremento en la concentración de sustrato. Los valores de  $Y_{O/S}$  sugieren que la oxidación de los compuestos en estudio se produjo al menos hasta 3-carboxi-cis,cis-muconato (BFA, A-4HB, 4-HB) o ácido 4-cis-cis-hidroximucónico semialdehído (4-HAF).

#### 5. Bibliografía

- Modaressi K.; Taylor K.E.; Bewtra J.K.; Biswas N. (2005). Laccase-catalyzed removal of bisphenol-A from water: Protective effect of PEG on enzyme activity. *Water Research* 39: 4309-4316.
- Ros M. (1993). *Respirometry of activated sludge*. Technomic, USA.
- Sakai K., Yamanaka H., Moriyoshi K., Ohmoto T., Ohe T. (2007). Biodegradation of bisphenol A and related compounds by *Sphingomonas* sp. strain BP-7 isolated from seawater. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 51-57.
- Sasaki M., Maki J-i., Oshiman K-i., Matsumura Y., Tsuchido T. (2005). Biodegradation of bisphenol A by cells and cell lysate from *Sphingomonas* sp. strain AO1. *Biodegrad.* 16: 449-459.
- Spivack J., Leib T.K., Lobos J.H. (1994). Novel pathway for bacterial metabolism of bisphenol A. Rearrangements and stilbene cleavage in bisphenol A metabolism. *J. Biol. Chem.* 269: 7323-7329.
- Vanrolleghem P.A., Kong Z., Rombouts G., Verstraete W. (1994). An on-line respirographic biosensor for the characterisation of load and toxicity of wastewaters. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 59: 321-333.
- Zhang C., Zeng G., Yuan L., Yu J., Li J., Huang G., Xi B., Liu H. (2007). Aerobic degradation of bisphenol A by *Achromobacter xylosoxidans* strain B-16 isolated from compost leachate of municipal solid waste. *Chemosphere* 68: 181-190.

## **27TCAm - DECONTAMINACIÓN DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESAMIENTO DEL ACEITE DE OLIVA MEDIANTE EL TRATAMIENTO CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA**

**LOTO, L.<sup>1</sup>; CAMUSSO, C.<sup>1,2</sup>; MILANESIO, F.<sup>1</sup>**

**1. Departamento de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de La Rioja. Av. Dr. René Favaloro s/n - (5300) La Rioja. Argentina**

**E-mail: [lotolaura18@gmail.com](mailto:lotolaura18@gmail.com)**

**2. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria s/n – (5000) Córdoba. Argentina**

### **Resumen**

Uno de los principales residuos generados en el proceso de extracción de aceite de oliva es el alpechín. Este efluente posee un carácter recalcitrante para su autodepuración debido a su elevado contenido en compuestos fenólicos y es de un característico color marrón oscuro. Por lo tanto, la decoloración del alpechín es un monitor de decontaminación. Los hongos de la pudrición blanca de la madera producen enzimas ligninolíticas extracelulares como las lacasas que oxidan un amplio rango de sustratos (fenoles, polifenoles y otros). En el presente trabajo se estudia una alternativa viable de biodegradación mediante estas enzimas de forma tal que el alpechín pueda ser vertido. Todas las colonias mostraron crecimiento en los medios de cultivo ensayados, verificándose que las cepas estudiadas producen enzimas fenol-oxidasas, lo cual puede ser una alternativa digna de estudio para la reducción del contenido de compuestos polifenólicos del alpechín.

### **1. Introducción**

Uno de los principales subproductos y residuos generados en el proceso de extracción de aceite de oliva son residuos líquidos denominados alpechín. Estos efluentes poseen un carácter recalcitrante para su autodepuración debido a su elevado contenido en compuestos fenólicos de alto poder contaminante (Martínez Nieto et al., 1992) que, además, le otorgan un característico color marrón oscuro. Por lo tanto, la decoloración del alpechín es un objetivo importante en la búsqueda de un método para eliminar sus propiedades contaminantes, mientras que el color por sí solo es un monitor de descontaminación (Sayadi et al, 1992).

Los hongos de la pudrición blanca de la madera producen enzimas ligninolíticas extracelulares como lacasas, que oxidan la lignina a CO<sub>2</sub>, también oxidan un amplio rango de sustratos (fenoles, polifenoles, anilinas, aril-diaminas, fenoles metoxi-sustituídos, y otros) (Sayadi et al, 1992).

En el presente trabajo se estudia una alternativa viable de biodegradación mediante estas enzimas de forma tal que el alpechín pierda parcialmente su poder antimicrobiano y contaminante y pueda ser vertido.

## 2. Objetivos

### 2.1. General

Desarrollar una alternativa sustentable para el tratamiento de efluentes líquidos del procesamiento de la industria olivícola con hongos de pudrición blanca de la madera.

### 2.2 Específicos

- Cultivar variedades de hongos de pudrición blanca de la madera en distintos medios.
- Verificar la producción de enzimas ligninolíticas (lacasas) de las cepas trabajadas y valorar la capacidad degradativa de estas enzimas en compuestos fenólicos.
- Determinar la capacidad de expresión de enzimas.

## 3. Metodología

Se utilizaron hongos de pudrición blanca de las siguientes variedades que se desarrollan en la región central del país: *Trametes villosa* cepa CCC31, *Trametes versicolor* cepa 143M y *Phellinus rimosus* cepa CCC24 caracterizadas por el Dr. Gerardo Robledo – Cátedra de Micología FCEFYN-UNC. Los cultivos se mantuvieron en placas de Petri de 90 mm con medio ágar-extracto malta a 4 °C.

Se verificó que las cepas de hongos seleccionadas son productoras de enzimas ligninolíticas y se realizó el análisis de forma cuali-cuantitativa sembrando los hongos en dos medios sólidos: uno con ácido gálico (Davidson et al., 1938) y el otro con Remazol Blue BTE gran 133 (Munari et al., 2007). También se sembró en medio líquido con alpechín.

### 3.1. Medio sólido con ácido gálico

Las distintas variedades de hongos de pudrición blanca de la madera se cultivaron en placas de Petri con ácido gálico-ágar a  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , realizando el seguimiento durante 6 días.

Componente	Cantidad
Extracto de levadura	0,3 g
Extracto de malta	0,3 g
Peptona	0,5 g
Glucosa	1 g
Ágar bacteriológico	2 g
Ácido gálico	0,5 g
Agua destilada	100 mL
pH	$5,5 \pm 0,5$ .

**Tabla 1.** Composición del medio sólido con ácido gálico (Davidson et al., 1938).

### 3.2. Medio sólido con colorante

Se determinó el crecimiento de los hongos seleccionados en placas de Petri conteniendo medio de ágar y colorante Remazol Blue BTE gran 133 a  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Las placas fueron monitoreadas regularmente cada 24 h.

Componente	Cantidad
Colorante Remazol Blue BTE gran 133	0,01 g
Peptona	0,2 g
Glucosa	1 g
Ágar bacteriológico	2 g
Solución de micronutrientes (20 X)	5 mL
Agua destilada	100 mL

**Tabla 2.** Composición del medio sólido con Remazol Blue BTE gran 133.

Las placas con ambos medios se incubaron en oscuridad. Las mediciones del halo y de la colonia se realizaron en el reverso de las placas. En todos los casos se realizaron las experiencias por triplicado.

Se calculó el porcentaje de la relación entre el diámetro del halo enzimático y diámetro de la colonia del hongo mediante la siguiente fórmula.

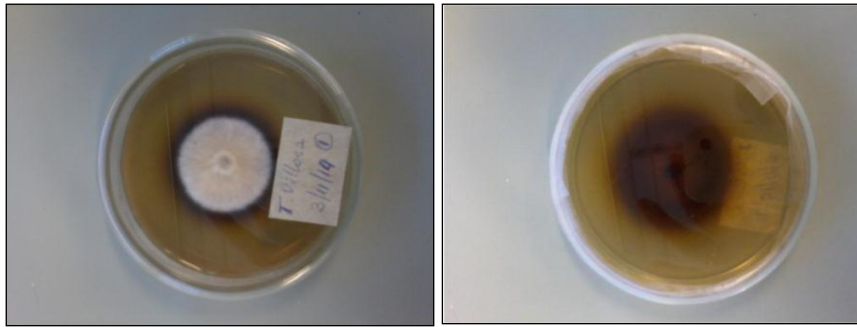
$$\% \text{ Halo/Colonia} = \frac{\text{Diámetro del Halo}}{\text{Diámetro de la colonia}} \times 100$$

### 3.3. Medio líquido con alpechín

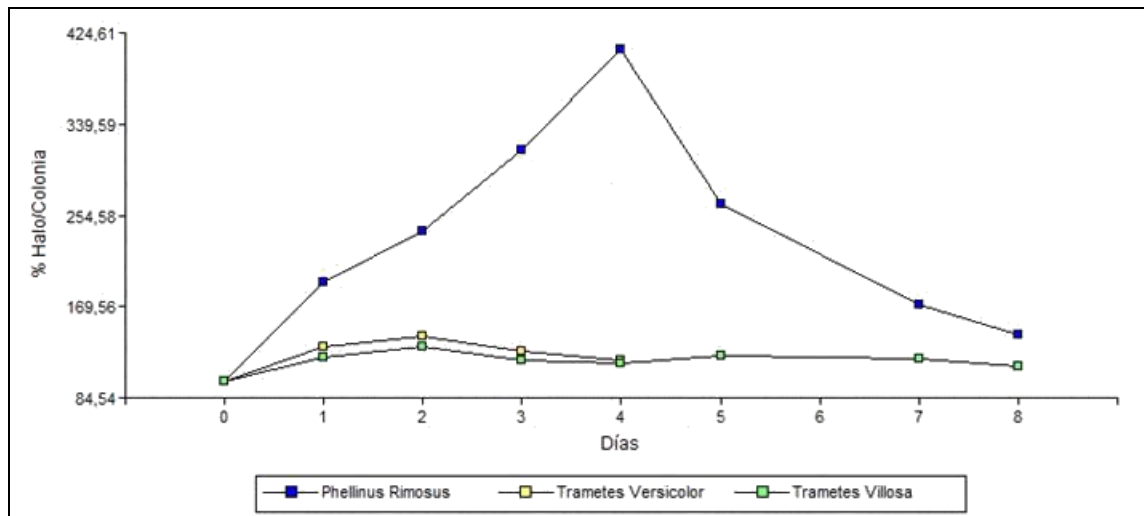
Se realizó cultivo en medio líquido de alpechín filtrado con la cepa de *Trametes villosa* durante 28 días. La decoloración se siguió por medición espectrofotométrica de muestras diluidas veinticinco veces a 525 nm (Martirani et al., 1996; Kourtrotsios y Zervakis, 2014).

## 4. Resultados

Las tres variedades de hongos de pudrición blanca de la madera estudiadas, *Trametes villosa* cepa CCC31, *Trametes versicolor* cepa 143M y *Phellinus rimosus* cepa CCC24, muestran la producción de enzimas ligninolíticas en medio de agar/ácido gálico en Fig. 1 y Fig. 2.



**Figura 1.** *Trametes villosa* en medio con ácido gálico (anverso y reverso).

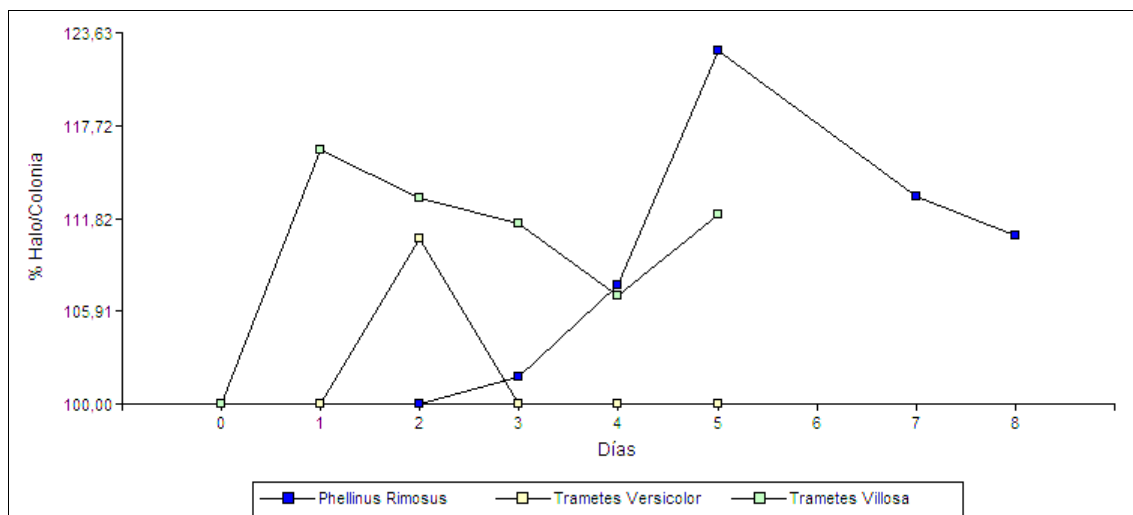


**Figura 2.** Porcentaje de relación halo/colonia en medio con ácido gálico

En Fig.2 se observa el mayor % Halo/Colonia para *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* en el día 2. En cambio con *Phellinus rimosus*, se produjo el mayor % de la Halo/Colonia en el cuarto día, siendo éste índice del cuatrocientos por ciento.

En Fig. 3 se indica el crecimiento de los hongos en medio con colorante Remazol Blue BTE gran 133.

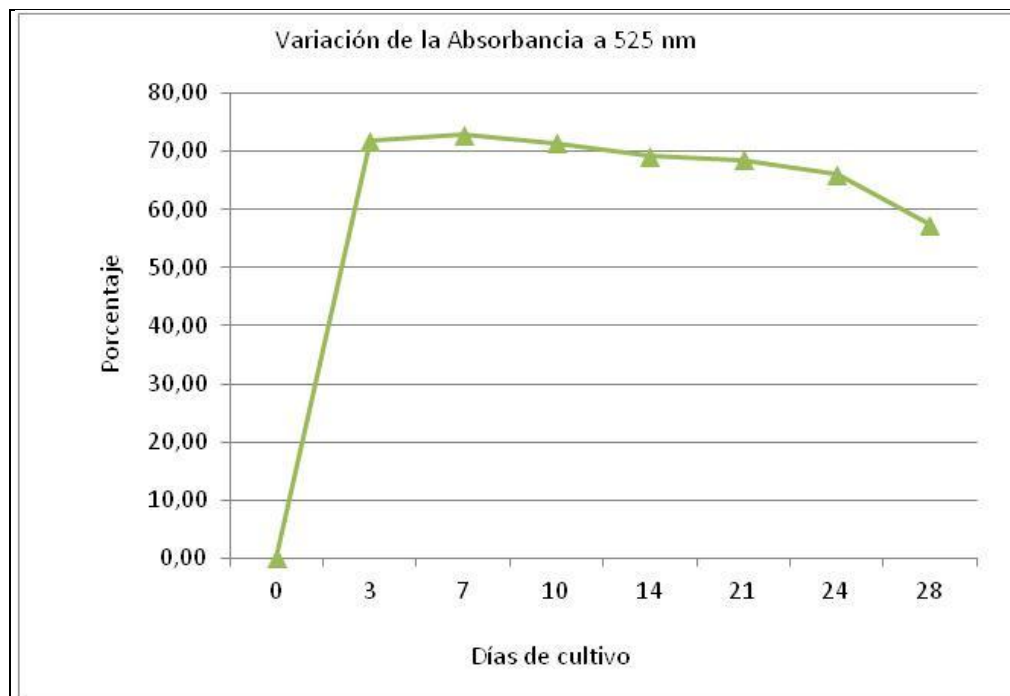




**Figura 3.** % Halo/Colonia en medio con colorante Remazol Blue BTE gran 133.

Las dos primeras variedades de hongos (*Trametes villosa* y *Trametes versicolor*) evidencian un crecimiento rápido a diferencia de *Phellinus rimosus* que lo hace en forma lenta.

El porcentaje de decoloración del alpechín al 100% tratado con la cepa *Trametes villosa* se muestra en la Fig. 4.



**Figura 4.** Variación de la absorbancia a 525 nm para el alpechín tratado con *Trametes villosa*

## 5. Conclusiones

Los tres hongos de pudrición blanca de la madera ensayados en este estudio son productores de enzimas ligninolíticas siendo *Phellinus rimosus* el que tiene mayor producción enzimática que se refleja en el valor del índice halo/crecimiento.

El colorante utilizado en el estudio posee una estructura que es sustrato de las enzimas ligninolíticas secretadas por estos hongos.

Es precisamente el crecimiento en medio del colorante Remazol Blue BTE gran 133 y la producción del halo de oxidación del ácido gálico (es un polifenol, que en este trabajo actúa como modelo de estudio), y particularmente, el tratamiento del efluente de la industria olivícola (alpechín) con el hongo de la variedad *Trametes villosa*, lo que nos permite presentar a estas variedades de hongos como alternativas para la reducción del contenido de compuestos polifenólicos del alpechín.

Se puede concluir que estos hongos se comportan como buenos degradadores de fenoles.

## 6. Bibliografía

- Davidson, R. W., Campbell, W. A., & Blaisdell, D. J. (1938). Differentiation of wood-decaying fungi by their reactions on gallic or tannic acid medium. *Journal of Agricultural Research* , 57 (9), 683-685.
- Koutrotsios, G., & Zervakis, G. I. (2014). Comparative Examination of the Olive Mill Wastewater Biodegradation Process by Various Wood-Rot Macrofungi. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International* , 1-14.
- Martínez Nieto, L., Ramos Cormenzana, A., Pareja, G. M., & Garrido Hoyos, S. (1992). Biodegradación de compuestos fenólicos del alpechín con *Aspergillus terreus*. *Grasas y Aceites* , 43 (2), 75-81.
- Martirani, L., Giardina, P., Marzullo, L., & Sannia, G. (1996). Reduction of phenol content and toxicity in olive oil mill waste waters with the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus*. *War. Res.* , 30 (8), 1914-1918.
- Munari, F. M., A., G. T., Calloni, R., & Dillon, A. J. (2007). Decolorization of textile dyes by enzymatic extract and submerged cultures of *Pleurotus sajor-caju*. *World. J. Microb. Biot.* , 24, 1383-1392.
- Sayadi, S., & Ellosuz, R. (1992). Decolourization of olive mill waste-waters by the white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*: involvement of the lignin-degrading system. *Applied Microbiology and Biotechnology* , 37, 813-817.

# **28TCAm - VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EXERGÉTICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN**

**ECHEGARAY, M.<sup>1</sup>; CASTRO M.<sup>1</sup>, NAVAS M.<sup>1</sup>, SAFFE A.<sup>1</sup>, RODRIGUEZ, R.<sup>1</sup>**

**1. Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador 1109 (o) – (5400) Capital. San Juan. Argentina. E-mail: rrodri@unsj.edu.ar**

## **Resumen**

El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de los diferentes parámetros en base a la eficiencia exergética del proceso de gasificación de escobajo y orujo de uva. Se utilizó un modelo de equilibrio no estequiométrico para obtener la composición del gas de síntesis, este modelo está basado en la minimización de la energía libre de Gibbs en el sistema. La exergía de un sistema es el máximo trabajo que puede obtenerse de la interacción mutua al ponerlo en equilibrio con el ambiente. En base a la composición del efluente gaseoso obtenido a partir del modelo planteado se evaluó la variación de la eficiencia exergética del proceso para diferentes condiciones operativas como temperatura del gasificador, ER (relación aire/biomasa), SBR (moles de vapor/moles de C en biomasa), humedad de la biomasa. La influencia de la temperatura se estudió en el rango entre 450-900°C. En el caso del escobajo se observó la máxima eficiencia exergética a los 450°C, alcanzando un valor de 41%. Un comportamiento similar se observa para el orujo, siendo el valor máximo de 38%. Cuando se utiliza aire como agente gasificante puede observarse que la eficiencia exergética disminuye notablemente con ER, obteniéndose un valor de 30% para un ER de 0.1, en el caso del escobajo, en tanto que para el orujo es del 32% aproximadamente. En el caso de utilizar vapor como agente gasificante, la eficiencia exergética disminuye al aumentar el valor de SBR, obteniendo un valor para el escobajo de casi el 20% para un SBR de 1, mientras que para el orujo la eficiencia es de 18% aproximadamente. Respecto al contenido de humedad de la biomasa, la eficiencia disminuye con el aumento de humedad, pero esta disminución no es muy marcada, obteniéndose un valor de aproximadamente 20% para un contenido de humedad del 40%, tanto para escobajo como para orujo de uva.

## **1. Introducción**

La necesidad de fuentes de energía sustentable está en crecimiento tanto como las fuentes de energía fósil están en disminución. Por otro lado, la rigurosidad de las leyes ambientales acerca de las emisiones de gases de invernadero y el incremento en el precio de los combustibles están promoviendo la necesidad de investigar en el área de fuentes de energía renovable. La biomasa referida a todas las formas de material en base vegetal que puede ser convertida en energía utilizable es una fuente de energía renovable (Balat et al., 2009).

Los procesos de termoconversión de biomasa basados en la tecnología de gasificación son la forma más conveniente para la utilización de biomasa y es un método eficiente para convertir biomasa en una fuente de energía útil comparada a otros procesos de

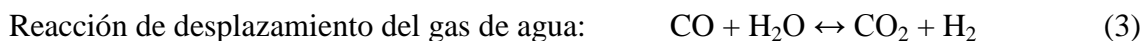
conversión. Comparados con tecnologías de combustión convencionales, la gasificación de biomasa puede ofrecer un mayor potencial de reducción sobre la formación de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. La composición de cada componente varía debido a las condiciones específicas del gasificador. El uso de temperaturas por debajo de 750°C, en el proceso de gasificación se asocia con valores altos en la formación de tars (alquitranes) que permanecen en el syngas (gas de síntesis) y no se rompen en componentes más volátiles. La presencia de tars en el syngas lo hace inadecuado para utilizarlo en la mayoría de los motores y turbinas de gas. Junto con el syngas se obtienen otros productos que incluyen char y tars en cantidades variables. El char químicamente consiste de biomasa devolatilizada y tiene una concentración más alta de carbono y más baja de hidrógeno que la biomasa. La producción de char en la composición del gas contribuye significativamente a la reducción de la eficiencia global del proceso de gasificación (Demirbas, 2006).

La gasificación es un proceso químico que convierte materiales como la biomasa en combustibles gaseosos adecuados. En este proceso la biomasa es transformada en sustancias más simples como CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. El proceso ocurre en presencia de un agente gasificante. La gasificación de biomasa es un proceso complejo, el cual es afectado por varios parámetros, incluyendo el agente o medio gasificante, composición de la biomasa, contenido de humedad de la biomasa, temperatura y presión de gasificación, y configuración del proceso (Jangsawang et al., 2006).

La gasificación ocurre en presencia de cantidad limitada de oxígeno. Sin embargo, el proceso requiere una cantidad importante de calor para iniciarse. El calor requerido puede ser suministrado por una fuente de calor externa o por la combustión de una parte de la biomasa en el gasificador. Debido a que la cantidad de aire provista es menor que la estequiométrica para combustión completa de la biomasa, solamente una cantidad determinada de biomasa participa en el proceso de combustión. Esta etapa produce el calor suficiente para que se lleve a cabo la gasificación. La relación equivalente (ER), definida como la relación del aire suministrado al aire estequiométrico para la combustión de la biomasa, es un parámetro importante. En la gasificación de biomasa con vapor otro parámetro controlante es la relación vapor a carbono (SBR). La relación vapor a carbono se define como la relación del flujo molar de vapor al flujo molar de carbono contenido en la biomasa. Cambiando la cantidad de vapor suministrado al gasificador se afecta significativamente el proceso de gasificación (Umeki et al., 2010). En este trabajo se investigó el comportamiento del proceso a través de la eficiencia exergética producida de acuerdo a las variaciones de los parámetros de proceso anteriormente mencionados de gasificación de biomasa proveniente de residuos agroindustriales locales como son el orujo y escobajo de uva.

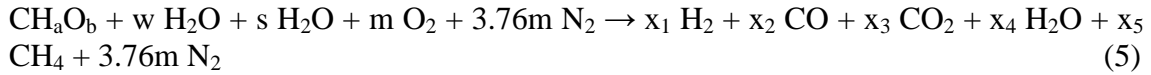
## 2. Metodología

Se aplicó un modelo de equilibrio no estequiométrico para obtener la composición del syngas, el cual provee información acerca del proceso de gasificación. Este modelo se basa en la minimización de la energía libre de Gibbs en el sistema (Echegaray, et al., 2014). Las reacciones típicas en el proceso son:





Dependiendo del tipo de agente gasificante (aire/vapor) y de los valores de los parámetros del proceso, varía la fracción de  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  y  $N_2$  en el efluente gaseoso. En este modelo, se asume que la biomasa contiene los elementos C, H y O. Debido a que la biomasa contiene cantidades despreciables de N y S en comparación con los elementos antes mencionados, ellos no son considerados. La fórmula química de la biomasa se representa entonces como  $CH_aO_b$ . Si se emplean aire y vapor como agentes gasificantes la reacción global de gasificación de biomasa se escribe como sigue:



Donde  $w$  es mol agua/mol biomasa (contenido de humedad),  $s$  es mol vapor/mol biomasa,  $m$ , mol de oxígeno/mol biomasa,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ , y  $x_5$  son los moles desconocidos en el gas de salida. Si la gasificación se realiza solamente con aire entonces  $s = 0$ .

#### *Eficiencia exergética del gasificador*

Un sistema al ponerse en equilibrio con su entorno puede desarrollar trabajo, si se define un ambiente de referencia para la exergía, la exergía de un sistema es el máximo trabajo que puede obtenerse de la interacción mutua al ponerlo en equilibrio con el ambiente de referencia. La exergía es una medida del alejamiento termodinámico de un sistema con respecto a su entorno o ambiente; es decir, que tanto difiere en su contenido de energías interna o entalpía, potencial y cinética en relación a las condiciones del entorno. Es entonces, un atributo del sistema y del ambiente. Sin embargo, una vez que el entorno queda especificado, se puede asignar un valor a la exergía en términos de los valores de las propiedades del sistema únicamente, de tal forma que se vuelve una propiedad del sistema (Abuadala et al., 2010). La gasificación de biomasa está asociada con procesos de intercambio energético durante los cuales la energía química de la biomasa es convertida en energía química y térmica del syngas. La eficiencia energética de conversión de biomasa depende del gasificador, cuya performance es evaluada utilizando la segunda ley de la termodinámica aplicando el concepto de análisis de exergía al modelo del proceso de intercambio energético. El balance de exergía de la gasificación de biomasa puede representarse como:

$$\sum \varepsilon_{in} = \sum \varepsilon_{out} + I \quad (6)$$

Donde  $\varepsilon_{in}$  y  $\varepsilon_{out}$  representan la exergía entrante y saliente e  $I$  representa la irreversibilidad producida en el proceso de conversión. La exergía o energía disponible en una corriente de material puede calcularse como la suma de su exergía química y exergía física.

$$\varepsilon = \varepsilon_{ch} + \varepsilon_{ph} \quad (7)$$

Se desprecian la cinética y otros tipos de exergía. La exergía física para el material gaseoso y el char se calcula como:

$$\varepsilon_{ph} = \sum_i y_i \cdot \varepsilon_{ph,i} \quad (8)$$

Donde  $i$  indica el componente gaseoso o char,  $y_i$  y  $\varepsilon_{ph,i}$  son la fracción molar y exergía física del componente  $i$ , respectivamente. La exergía física representa el cambio en

entalpía de una especie particular desde su estado estándar hasta una presión y temperatura dada y también contabiliza el cambio de entropía en el proceso:

$$\varepsilon_{ph} = (H - H^0) - T^0 (S - S^0) \quad (9)$$

$$H - H^0 = \int_{T^0}^T C_p \cdot dT \quad (10)$$

$$S - S^0 = \int_{T^0}^T \frac{C_p}{T} dT \quad (11)$$

Donde H y S son la entalpía y entropía molar, respectivamente, en el estado especificado caracterizado por la temperatura T, y H° y S° denota la entalpía y entropía, respectivamente, bajo las condiciones ambientales con temperatura T (298K) y presión de 1 atm, Cp es la capacidad calorífica a presión constante, kJ/mol K. La exergía química de la mezcla es la exergía química estándar de todos los constituyentes en la mezcla (primer término de la ecuación (12)) y el cambio entrópico debido al mezclado de las diferentes especies gaseosas (segundo término de la ecuación (13)), se puede calcular como:

$$\varepsilon_{ch} = \sum_i y_i \cdot \varepsilon_{ch,i} + RT^0 \sum_i y_i \ln y_i \quad (12)$$

Donde  $\varepsilon_{ch,i}$  es la exergía química estándar del componente gaseoso i, y R es la constante universal de los gases, 8.314 kJ/mol K,  $y_i$  son las fracciones molares de la especie i. Los valores de la entalpía molar, entropía y exergía química estándar de los componentes gaseosos se dan en la Tabla 1, la exergía química del char es 410260 kJ/kmol. Como la biomasa se alimenta al gasificador a temperatura ambiente, la exergía física de la biomasa puede despreciarse. La exergía química de la biomasa se calcula como:

$$\varepsilon_{ch,biomasa} = m_{biomasa} \cdot \beta \cdot LHV_{biomasa} \quad (13)$$

**TABLA 1.** Entalpía molar, entropía y exergía química estándar para compuestos gaseosos.

Componente	H° (kJ/kmol)	S° (kJ/kmol K)	$\varepsilon_{ch,i}$ (kJ/kmol)
N <sub>2</sub>	0	191.61	668
O <sub>2</sub>	0	205.033	3970
H <sub>2</sub> O(g)	-228.583	188.720	9500
CO	-137.150	197.543	275100
CO <sub>2</sub>	-394.374	213.685	19870
H <sub>2</sub>	0	130.574	236100
CH <sub>4</sub>	-74.850	186.16	831650

Fuente Rade et al., 2012.

La correlación del factor  $\beta$  está dada por:

$$\beta = \frac{1.044 + 0.0160 \cdot \left(\frac{H}{C}\right) - 0.3493 \cdot \left(\frac{O}{C}\right) \cdot \left[1 + 0.0531 \cdot \left(\frac{H}{C}\right)\right] + 0.0493 \cdot \left(\frac{N}{C}\right)}{1 - 0.4124 \cdot \left(\frac{O}{C}\right)} \quad (14)$$

Donde H/C, O/C y N/C son las relaciones atómicas de los elementos en la biomasa. El poder calorífico inferior de la biomasa puede calcularse como:

$$LHV_{biomasa} = HHV_{biomasa} - 9 \cdot m_H \cdot \Delta H_{vap} \quad (15)$$

Donde  $m_H$  es la fracción másica de hidrógeno en la biomasa,  $\Delta H_{vap}$  es el calor latente de vaporización del agua a 1 atm y 298K, MJ/kg y  $HHV_{biomasa}$  es el poder calorífico superior de la biomasa, MJ/kg, que puede evaluarse a través de la siguiente correlación:

$$HHV_{biomasa} = 0.3491 \cdot C + 1.1783 \cdot H + 0.1005 \cdot S - 0.1034 \cdot O - 0.0151 \cdot N - 0.0211 \cdot Ash \quad (16)$$

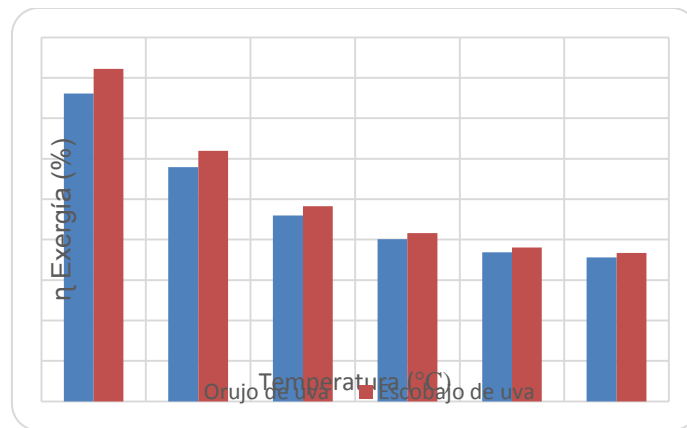
Donde C, H, S, O, N y Ash son los respectivos porcentajes en masa de carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y cenizas presentes en la biomasa (2). El HHV calculado utilizando la ecuación (16) orujo y escobajo de uva es de 20.4 y 18.3 MJ/kg respectivamente. La eficiencia exergética es un concepto que se suele aplicar en sistemas abiertos estacionarios y relaciona la exergía que sale del sistema con un efecto útil y la exergía introducida en el sistema. La eficiencia exergética del gasificador se define como:

$$\eta_{exergía} = \frac{\varepsilon_{producto}}{\varepsilon_{alimentación}} = \frac{\varepsilon_{ch,gas} + \varepsilon_{ph,gas}}{\varepsilon_{ch,biomasa} + \varepsilon_{ph,agente}} \quad (17)$$

Donde  $\varepsilon_{ch,gas}$  es la exergía química del gas producto,  $\varepsilon_{ch,biomasa}$  es la exergía química de la biomasa,  $\varepsilon_{ph,gas}$  es la exergía física del gas producto, y  $\varepsilon_{ph,agente}$  es la exergía del agente gasificante. Se realizaron diferentes simulaciones variando los parámetros de operación con el fin de evaluar su impacto sobre la eficiencia del proceso de gasificación.

### 3. Resultados

*Efecto de la temperatura de gasificación sobre la eficiencia exergética del gasificador.* El proceso de gasificación se analizó en el rango de temperaturas entre 450-900°C. El efecto de la temperatura se evaluó en base a la composición molar de los componentes más importantes en el producto gaseoso, hidrógeno ( $H_2$ ), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), agua ( $H_2O$ ) y nitrógeno ( $N_2$ ). En base a esta composición se evalúa la eficiencia del proceso para el rango de temperatura considerado. Con este propósito se emplearon dos tipos de biomasa como corriente entrante al proceso, orujo y escobajo de uva.

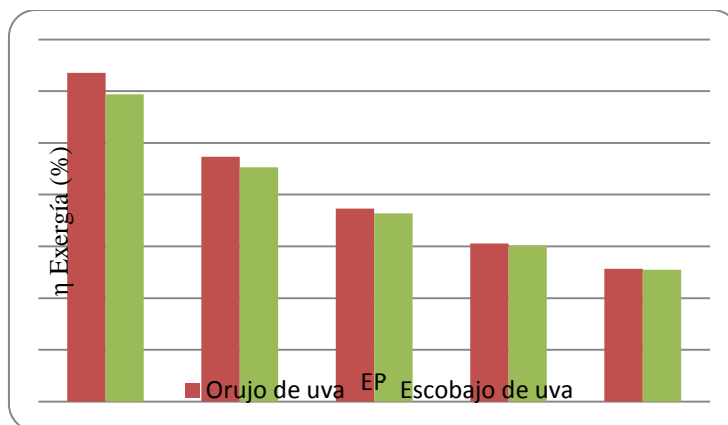


**FIGURA 1.** Variación de la eficiencia exergética con la temperatura del gasificador.

Se calculó a partir del modelo planteado anteriormente la eficiencia exergética para un proceso de gasificación con aire y empleando una biomasa con 40% de humedad. Como puede observarse en la Figura 1, tanto para el orujo como para el escobajo de uva la eficiencia exergética disminuye a medida que aumenta la temperatura, presentando

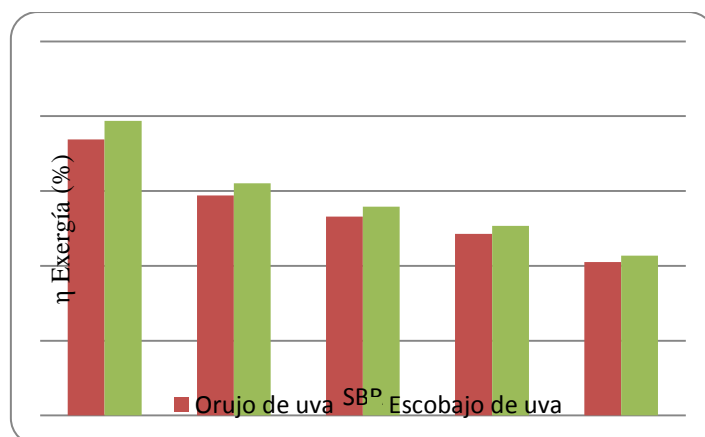
valores levemente superiores el escobajo de uva respecto del orujo en el rango de temperaturas estudiado. Los valores máximos obtenidos para 450°C para el escobajo y orujo de uva son de 41% y 38% respectivamente.

*Efecto de ER sobre la eficiencia exergética del gasificador.* En este caso se fijó en el modelo una temperatura de operación de 800°C para el proceso de gasificación con aire. Se fijó para el análisis valores de ER entre 0.1 y 0.9. Los valores obtenidos a través del modelo se pueden observar en la Figura 2. A medida que aumenta ER, la eficiencia exergética disminuye, obteniéndose para ER 0.1 valores de 30% y 32% para el escobajo y orujo de uva respectivamente. Como puede verse para valores altos de ER disminuye la diferencia existente en las eficiencias para las biomásas estudiadas.



**FIGURA 2.** Variación de la eficiencia exergética con ER.

*Efecto de SBR sobre la eficiencia exergética del gasificador.* En este caso se utilizó vapor como agente gasificante. La temperatura de este vapor a la entrada del gasificador se fijó en 400°C. El rango variación de SBR en el modelo fue de 1 a 4. Como puede observarse en la Figura 3, tanto para el orujo como para el escobajo de uva la eficiencia exergética disminuye a medida que SBR aumenta, pero esta disminución no es muy marcada. Cuando se utiliza escobajo la eficiencia resulta levemente superior si se lo compara con orujo de uva. Los valores máximos obtenidos son de 20% y 18% para escobajo y orujo de uva respectivamente, obtenidos estos valores para un SBR de 1.



**FIGURA 3.** Variación de la eficiencia exergética con SBR.



#### 4. Conclusiones

En el proceso de gasificación la biomasa se convierte en un gas combustible que puede ser utilizado en motores de combustión interna para generar electricidad. Este proceso se estudió usando un modelo de equilibrio termodinámico que permite predecir la composición de los principales productos gaseosos,  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$  y  $N_2$ . Se estudió el proceso de gasificación empleando como agente gasificante aire y vapor. Al variar parámetros del proceso como temperatura, ER y SBR se producen alteraciones en la composición del efluente gaseoso, a través de esta composición se evalúa la eficiencia exergética (energía disponible para realizar trabajo) del proceso para establecer las condiciones óptimas de operación. Los resultados para orujo y escobajo de uva muestran que la eficiencia exergética disminuye a medida que se incrementa la temperatura de gasificación, obteniéndose un valor de 41% para el escobajo a 450°C.

Cuando el proceso de gasificación se lleva a cabo empleando aire como agente gasificante se observó que la eficiencia disminuye con el aumento de ER, obteniéndose para ER 0.1 valores de 30% y 32% para el escobajo y orujo de uva respectivamente. Si el proceso de gasificación se lleva a cabo utilizando vapor como agente gasificante puede verse que la eficiencia exergética disminuye con el aumento de SBR, siendo los valores máximos obtenidos de 20% y 18% para escobajo y orujo de uva respectivamente, obtenidos estos valores para un SBR de 1.

Los resultados muestran valores de eficiencia basados en exergía relativamente bajos, esto sugiere pérdidas debidas a valores elevados en las irreversibilidades del proceso. Tales pérdidas de exergía, irreversibilidades, pueden minimizarse alterando los parámetros del proceso.

#### 5. Bibliografía

- Abuadala, A.; Dincer, I.; Naterer, G. (2010). Exergy analysis of hydrogen production from biomass gasification. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35: 4981-90.
- Balat, M.; Balat, M.; Kirtay, E.; Balat, H. (2009). Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemical. Part 2: Gasification systems. *Energy conversion and management*, 50: 3158-3168.
- Demirbas, A. (2006). Biomass gasification for power generation in Turkey. *Energy Source Part A*, 28: 433-45.
- Echegaray, M.; Rodriguez, R.; Castro, M. (2014). Equilibrium model of the gasification process of agro-industrial wastes for energy production. *IJESIT*, Volume 3, Issue 3.
- Jangsawang, W.; Klimanek, A.; Gupta, A. (2006). Enhanced yield of hydrogen from wastes using high temperature steam gasification. *J. Energy Resour. Technol.*, 128: 179-185.
- Rade, M.; Karamarkovic, V.; Jovovic, A.; Marasevic, M.; Lazarevic, A. (2012). Biomass gasification with preheated air: Energy and exergy analysis. *Therm. Sci.*, 16:535-550.
- Umeki, K.; Yamamoto, K.; Namioka, T.; Yoshikawa, K. (2010). High temperature steam-only gasification of woody biomass. *Appl. Energy*, 87: 791-798.

## **29TCAm - BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

**CAPDEVILA, V.E.<sup>1</sup>; KAFAROV, V.<sup>2</sup>; GELY, M.C.<sup>1</sup>; PAGANO, A.M.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Área de Procesos - TECSE, Depto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Argentina. [vero.capdevila@fio.unicen.edu.ar](mailto:vero.capdevila@fio.unicen.edu.ar), [apagano@fio.unicen.edu.ar](mailto:apagano@fio.unicen.edu.ar)**

**<sup>2</sup>Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible en Industria y Energía (CIDES), Universidad Industrial de Santander (UIS). Colombia.**

### **Resumen**

En este trabajo se lleva a cabo el desarrollo de un modelo de simulación del proceso de obtención de bioetanol de segunda generación a partir de residuos de la industria de alimentos aplicando el simulador Aspen HYSYS<sup>®</sup>, persiguiendo el objetivo del aprovechamiento de estas biomásas para la producción de un biocombustible sustentable. El modelo involucra las etapas de fermentación/separación del bioetanol generado a partir de residuos lignocelulósicos (cascarilla de arroz) en combinación con lactosuero proveniente de la industria láctea. A partir de una relación 1:1 de Biomasa/Lactosuero se obtiene una producción de bioetanol de 3,29 t/h con una pureza del 69,79% p/p. Este trabajo representa un avance del desarrollo del modelo de simulación del proceso completo de obtención de bioetanol de segunda generación a partir de residuos de la industria arrocera y láctea, abordando diferentes problemáticas ambientales.

### **1. Introducción**

A raíz de que la sociedad actual es dependiente del petróleo, se dice que se está cumpliendo con la afirmación de la teoría de Hubbert, es decir, es evidente la escasez del petróleo en un período corto de tiempo y los consecuentes problemas que ello acarrea. Una de las tantas propuestas alternativas que se han presentado para esta problemática son los biocombustibles, entre ellos el bioetanol.

El bioetanol es el biocombustible más ampliamente utilizado para el transporte en todo el mundo (Balat, 2011). Se lo puede obtener tanto a partir de la fermentación alcohólica de productos con alto contenido de azúcares y almidón –denominado entonces bioetanol de primera generación-, como a partir de tecnologías sustentables que utilizan como biomásas residuos lignocelulósicos tales como la cascarilla de arroz –proceso denominado de segunda generación-, eliminando la existente controversia entre destinar los alimentos para el consumo humano ó para la generación de energía.

La cascarilla de arroz tiene una estructura celulósica cristalina compleja que dificulta la hidrólisis enzimática, por eso para la producción de bioetanol se requiere de un pretratamiento, a diferencia de la caña de azúcar y de los cereales (Dagnino et al., 2011).

El pretratamiento químico se aplica para conservar la celulosa y la hemicelulosa separando la lignina. A posteriori, mediante hidrólisis enzimática se transforma la celulosa y la hemicelulosa en sacáridos que se fermentan y separan.

La cascarilla de arroz, baja en contenido de lignina (19% ligninas totales) y con más del 50% de carbohidratos en su composición), sometida a pretratamiento con ácido sulfúrico diluido (0,3 % p/v) durante 33 minutos a 5 atm y 152°C se ha demostrado que produce, además de la hidrólisis de azúcares componentes de la hemicelulosa, una alta proporción de glucanos susceptibles de ser hidrolizados para obtener bioetanol (Dagnino et al., 2011, 2013).

Por otro lado, la generación de lactosuero como residuo en las industrias lácteas es otra problemática medioambiental fuerte, debido a los altos volúmenes producidos y su alto contenido de materia orgánica (Guimaraes et al., 2010). Una solución a dicha problemática que aparece promisorio es la utilización del lactosuero en la producción de bioetanol.

La cantidad y composición del lactosuero es muy variable, ya que depende del tipo de queso, del tratamiento térmico de la cuajada, de la forma de cuagulación, del cuajo empleado, entre otros. De acuerdo al origen se clasifica en: *lactosuero dulce*, es el líquido sobrante de la precipitación de las proteínas por hidrólisis específica de la k-caseína por coagulación enzimática, y en *lactosuero ácido*, que es el líquido sobrante obtenido después de la coagulación ácida o láctica de la caseína (Ramírez Navas, 2013).

El azúcar presente en el lactosuero, a partir del cual es factible obtener bioetanol, es la lactosa, que es un disacárido que cuando se somete al proceso de hidrólisis proporciona glucosa y galactosa. A partir del proceso fermentativo de estos monosacáridos se obtiene el bioetanol.

Conocer el contenido de lactosa en el lactosuero resulta necesario para determinar la cantidad de carbohidratos disponibles para procesos fermentativos de los microorganismos; un contenido cercano al 5% es adecuado para el crecimiento de éstos, ya que representa la fuente de carbono, hidrógeno y energía metabólica (Rivera, 2005).

En este trabajo se presenta un modelo de simulación del proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos (cascarilla de arroz) en combinación con lactosuero (residuo de las industrias lácteas) atendiendo a distintas problemáticas medioambientales como son la búsqueda de bioenergía sustentable frente a la escasez del petróleo, la generación de grandes volúmenes de efluentes en las industrias lácteas y la necesidad de reducir el uso de agua potable en los procesos tecnológicos.

## **2. Objetivos**

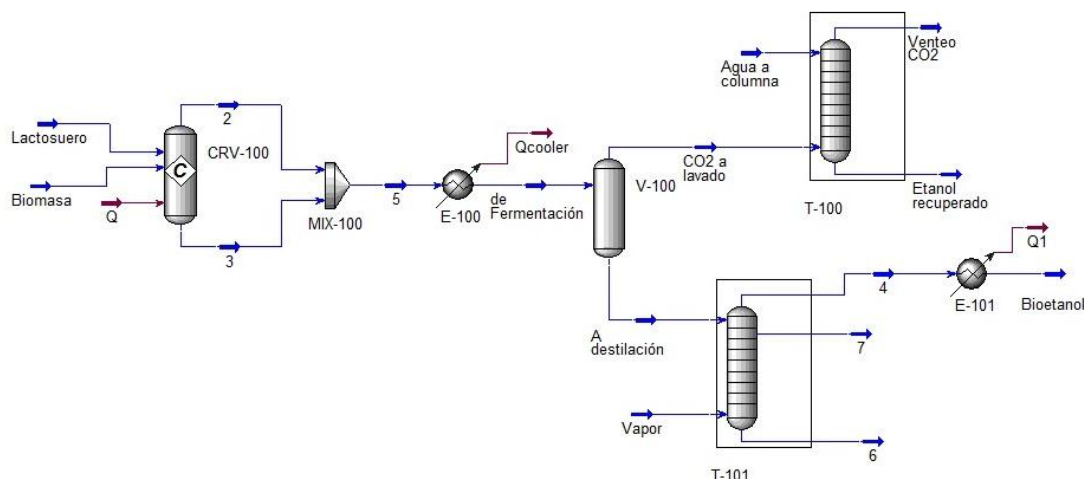
Avanzar en el desarrollo de un modelo de simulación para la obtención de bioetanol sustentable a partir de la combinación de residuos de la industria alimenticia, como lo son la cascarilla de arroz (en industrias arroceras) y el lactosuero (industrias lácteas), con el objetivo de poder optimizar el proceso con vistas a su implementación a escala industrial, atendiendo a dos problemáticas, por un lado la escasez del petróleo y por otro la disposición final del lactosuero.

### 3. Metodología

La simulación se llevó a cabo empleando el simulador Aspen HYSYS<sup>®</sup>, sobre la base del modelo del proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos desarrollado previamente (Capdevila et al., 2014), reemplazando el caudal de agua por lactosuero, minimizando de esta manera la utilización del recurso agua.

### 4. Desarrollo y Resultados

Considerando del diagrama de flujo (flowsheet) del modelo preliminar de base (Capdevila et al., 2014) correspondiente al proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos, en el cual se encontró un nivel óptimo de producción de bioetanol de 8,81 t/h con una pureza del 65,51% p/p correspondiente a 50 t/h de biomasa tratada (cascarilla de arroz), se optó por reemplazar el caudal de agua por *Lactosuero* en igual proporción que la *Biomasa*. En la **Figura 1** se muestran las etapas involucradas en el proceso.



**Figura 1:** Diagrama de flujo (flowsheet) del proceso de producción de bioetanol a partir de cascarilla de arroz y lactosuero.

La alimentación al *Fermentador* (CRV-100) se definió en función de dos corrientes: una denominada *Biomasa* compuesta por los azúcares mayoritarios provenientes de la cascarilla de arroz glucosa y xilosa con fracciones en peso de 0,977 y 0,023, respectivamente (Dagnino et al., 2013), y otra definida como *Lactosuero* con fracciones de 0,05 de lactosa y 0,95 de agua (representando al resto de los compuestos presentes (Ramírez Navas, 2013).

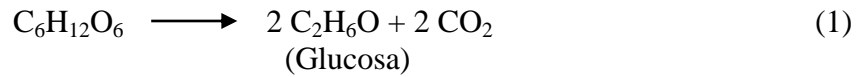
A tal fin, se generaron los *Compuestos Hipotéticos* glucosa, xilosa, y galactosa en base a la definición de la estructura UNIFAC, y a propiedades como peso molecular y punto normal de ebullición y propiedades críticas de las materias primas. Se empleó el *Paquete de predicción de Propiedades NRTL*, estimando los coeficientes binarios vapor-líquido mediante UNIFAC.

Las *Reacciones* planteadas en el reactor estequiométrico *Fermentador* (CRV-100) se definieron de acuerdo a dos criterios: por un lado, las reacciones correspondientes a la *Biomasa/Lactosuero*, y por otro, las correspondientes a las etapas de

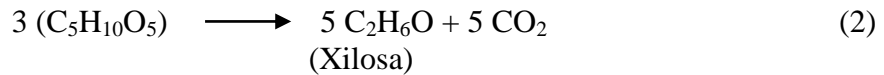
hidrólisis/fermentación. Entre las reacciones involucradas con mayor peso, se pueden mencionar:

- Para la *Biomasa*: formación de etanol y dióxido de carbono a partir de glucosa (reacción 1) y xilosa (reacción 2) cuyas conversiones son del 95% (Ruhul et al., 2013) y del 85% respectivamente (AspenOne, 2010).

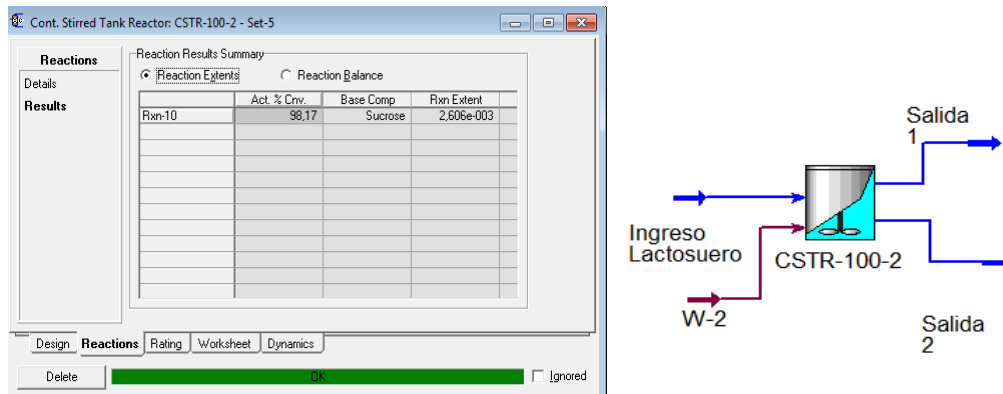
Reacción 1:



Reacción 2:



- Para el *Lactosuero*: hidrólisis de la lactosa y posterior fermentación. Con el objetivo de obtener el porcentaje de conversión para la hidrólisis de la lactosa y luego poder acoplar esta reacción al reactor global del proceso (*Fermentador CRV-100*), se simuló previamente un *Reactor Cinético* (*CSTR-100-2*) (**Figura 2**) en el cual se lleva a cabo la *Reacción Cinética* definida en función de los parámetros factor pre-exponencial  $A=2,47 \times 10^7$  mol/g-h y energía de activación  $E_a=46,860$  J/mol calculados a partir de datos de Jurado et al. (2002), considerando lactosa como alimentación (*Ingreso Lactosuero*).



**Figura 2:** Reactor Cinético CSTR-100-2 para la reacción de la lactosa.

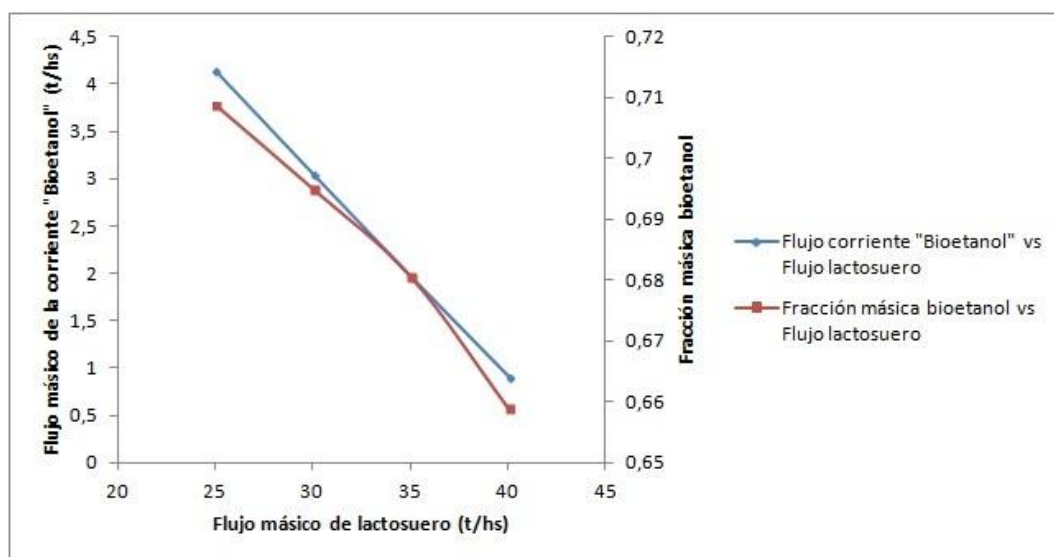
Como resultado de este sub-modelo de reacción se obtuvo una conversión del 98,17% de la lactosa en bioetanol a 37°C, dato que posteriormente fue utilizado en el reactor estequiométrico global (*Fermentador CRV-100*).

Los productos obtenidos en el *Fermentador* (*CRV-100*) fueron sometidos a diferentes etapas de purificación con el objetivo de separar el dióxido de carbono y el agua del etanol, complementando el modelo desarrollado por Aspen HYSYS® (AspenOne, 2010).

Un *Separador Flash* (V-100) se empleó para separar el  $\text{CO}_2$  producido en el *Fermentador* (CRV-100) el cual arrastra algo de etanol. Esta corriente gaseosa constituida mayoritariamente por  $\text{CO}_2$  (*CO<sub>2</sub> a lavado*) con trazas de agua y etanol se lava con agua (corriente *Agua a columna*) en una *Columna de Absorción* (T-100) de 10 etapas, donde el etanol es absorbido por el agua (corriente *Etanol recuperado*), pudiéndose incorporar etapas de purificación adicionales que permitirían recuperar el etanol. En la corriente gaseosa se produce el venteo del  $\text{CO}_2$  (corriente *Venteo de CO<sub>2</sub>*).

La corriente líquida (*A destilación*) que sale del *Separador* (V-100) se trata de una solución diluida de etanol con trazas de otros compuestos, por lo que se la llevó a una *Columna de Absorción* (T-101) de 9 etapas, con el objetivo de eliminar el agua, obteniéndose el bioetanol (corriente *Bioetanol*) por la parte superior, utilizando como gas de arrastre vapor sobrecalentado.

Mediante el uso de las herramientas *Databook* de Aspen HYSYS® y Microsoft Excel® (**Figura 3**) se estudió la relación de *Biomasa/Lactosuero* en la alimentación, observándose que a flujo másico constante de *Biomasa*, a medida que el flujo másico de *Lactosuero* aumenta, el caudal obtenido de la corriente *Bioetanol* disminuye, al igual que la fracción de Bioetanol correspondiente. En función de ello se decidió mantener la relación Biomasa/Lactosuero de 1:1 como apropiada. Con esta relación, se obtuvo una producción de bioetanol de 3,29 t/h con una pureza del 69,79% p/p correspondiente a 28, 89 t/h de Biomasa tratada al igual que de Lactosuero.



**Figura 3:** Efecto del flujo de *Lactosuero* sobre el caudal y la fracción másica de la corriente *Bioetanol*.

## 5. Conclusiones

Se logró desarrollar en Aspen HYSYS® un modelo de simulación del proceso de fermentación / separación de bioetanol como punto de partida para el modelamiento completo del proceso de obtención de bioetanol de segunda generación a partir de biomasa de residuos lignocelulósicos (cascarilla de arroz) en combinación con

lactosuero (residuo de las industrias lácteas), atendiendo a dos problemáticas medioambientales que son la escasez del petróleo y la generación de residuos en las industrias lácteas.

Este estudio preliminar permitió obtener una producción de bioetanol de 3,29 t/h con una pureza del 69,79% p/p correspondiente a 28,89 t/h de biomasa tratada con una relación 1:1 de biomasa/lactosuero.

## 6. Bibliografía

- AspenOne, Aspen Technology, Inc. (2010). Aspen Plus bioethanol from corn stover model, AspenTech.
- Balat, M. (2011). Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Conversion and Management*, 52(2): 858–875.
- Capdevila, V.E.; Kafarov, V.; Gely, M.C.; Pagano, A.M. (2014). Simulación del proceso de obtención de bioetanol de segunda generación a partir de residuos lignocelulósicos. E-Book III Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos RITeQ 2014 (ISBN 978-950-33-1112-7). José Antonio Scilipoti ; Raquel Evangelina Martini; Alfonsina Ester Andreatta. (Eds.), 1ª. Edición - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2014. Los Cocos. Córdoba. Argentina.
- Dagnino, E.P.; Chamorro, R.E.; Romano, D.S.; Felissia, F.; Área, M.C. (2011). Optimización de tratamiento ácido de biomasa lignocelulósica para la obtención de bioetanol, *Proceeding del VI Congreso Nacional y III Congreso Iberoamericano HYFUSEN*, Mar del Plata, Argentina, 12-050.
- Dagnino, E.P.; Chamorro, R.E.; Romano, D.S.; Felissia, F.; Área, M.C. (2013). Optimization of the acid pretreatment of rice hulls to obtain fermentable sugars for bioethanol production. *Industrial Crops and Products*, 42: 363–368.
- Guigou, M. (2011). Producción bioetanol de boniato. Tesis de Maestría: Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, 151 págs.
- Guimarães, P.M.R.; Teixeira, J.A.; Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28: 375–384.
- Jurado, E.; Camacho, F.; Luzón, G.; Vicaria, J. M. (2002). A new kinetic model proposed for enzymatic hydrolysis of lactose by a  $\alpha$ -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. *Enzyme and Microbial Technology*, 31: 300–309.
- Jurado, E.; Camacho, F.; Luzón, G.; Vicaria, J. M. (2004). Kinetic model for lactose hydrolysis in a recirculation hollow-fibre bioreactor. *Chemical Engineering Science* 59: 397 – 405.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Estimaciones Agrícolas. (2014). Fecha de consulta: 8 de septiembre de 2014.
- Ojeda Delgado, K.A. (2011). Aplicación de análisis exergético para la evaluación de procesos de producción de bioetanol de segunda generación. Tesis Doctoral: Universidad Industrial de Santander (UIS, Bucaramanga, Colombia), 190 págs.
- Ojeda K.; Sánchez E.; El-Halwagi M.; Kafarov V. (2011). Exergy analysis and process integration of bioethanol production from acid pre-treated biomass: Comparison of SHF, SSF and SSCF pathways. *Chemical Engineering Journal*, 176(177): 195-201.
- Ramírez-Navas, J.S. (2013). Uso de la fermentación para el aprovechamiento del lactosuero. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 77: 52-61.
- Rivera, W.Z. (2005). Selección de una especie de levadura para la producción de

proteína unicelular utilizando como sustrato el suero residual del proceso de elaboracion de queso blanco tipo Turrialba. Proyecto de grado: Universidad de Costa Rica (San José, Costa Rica), 74 págs.

Ruhul Amin, M.; Saquib Hossain, M.; Sarker, M. (2013). Simulation of ethanol production by fermentation of molasses. *Journal of Engineering*, 1(4): 69-73.



## **30TCam - DELIGNIFICACIÓN POR HONGOS DE PUDRICION BLANCA DE ASERRÍN PARCIALMENTE TRATADO CON PROCESO ORGANOSOLV**

**PERGASSERE, G.B.<sup>1</sup>; RODRIGUEZ, M.E.<sup>1</sup>; CAMUSSO, C.<sup>1,2</sup>**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Ing. Agr. Felix Aldo Marrone 746 - Córdoba (5000). Argentina.**

**E-mail: [betypergassere@agro.unc.edu.ar](mailto:betypergassere@agro.unc.edu.ar)**

**2. Departamento de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de La Rioja. Argentina.**

### **Resumen**

El creciente interés en la utilización de residuos lignocelulósicos se justifica por el bajo costo de estos materiales y su naturaleza renovable. Con éste trabajo se implementa un proceso que combina la hidrólisis (organosolv/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) de la lignina presente en el aserrín con un posterior tratamiento con hongos de pudrición blanca (*Trametes villosa*) los que continúan la delignificación del material de partida.

La hidrólisis enzimática se aplica una vez que los residuos han sido previamente tratados, para dejar las cadenas poliméricas más expuestas. Implica la acción de enzimas fenol-oxidasas: peroxidasas y lacasas.

Para realizar la determinación de la cantidad máxima removible de lignina en el aserrín y evaluar el efecto del proceso organosolv, se realizó un diseño experimental, en el cual se muestra el cambio del contenido de lignina con diferentes tratamientos, encontrándose la combinación óptima de las variables para lograr el mayor grado de delignificación. Las condiciones óptimas fueron: un tiempo de cocción de 2 horas, una concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 6% y una temperatura de 120 ° C alcanzándose un mínimo porcentaje de lignina ácido insoluble de 0.08%.

La evaluación tanto de la producción de enzimas ligninolíticas como del proceso de degradación sufrido por la lignina del aserrín pretratado, se realizó en un sistema de fermentación en estado sólido, en frascos, que contienen medio basal el cual se suplementa con sustrato.

La mayor producción se observó en la tercera semana, alcanzando un valor de 8250 U/ml de lacasa a los 24 días de reacción.

Los resultados de producción de enzima guardan relación con la reducción de la masa de material insoluble, puesto que los residuos lignocelulósicos son degradados por las enzimas producidas. En el aserrín, se alcanzó una reducción en la masa de material lignocelulósico del 10% aproximadamente, tras los 28 días de cultivo.

### **1. Introducción**

La creciente y constante contaminación ambiental causada por los residuos agrícolas de cultivos a gran escala, obliga a buscar alternativas para mitigar los efectos sociales y ambientales de los mismos, a fin de darles un valor agregado usándolos en procesos biotecnológicos.

Por lo anterior, el objetivo de éste trabajo se refiere a la implementación de un bioproceso integral que contemple tanto la hidrólisis de la lignina presente en el

material lignocelulósico, y su posterior tratamiento con hongos de pudrición blanca (*Trametes villosa*) que continúan la delignificación y utilizan una porción de celulosa como fuente de carbono.

La hidrólisis enzimática, por lo general, se aplica una vez que los residuos han sido previamente tratados, para dejar las cadenas poliméricas más expuestas. Implica la acción de diferentes grupos de enzimas: las glicosidasas (celulasas y hemicelulasas) y las fenol-oxidasas (peroxidasas y lacasas que actúan sobre los componentes fenólicos de la lignina) (Pergassere et al, 2012).

Los tratamientos biológicos son amigables con el ambiente e incrementan la accesibilidad al material celulósico favoreciendo una subsecuente hidrólisis y fermentación, sin embargo, es un proceso lento que limita su aplicación a nivel industrial (Hatakka, 1983). Las principales ventajas son las condiciones moderadas de la reacción, la poca generación de compuestos tóxicos y una mínima demanda de energía (Kirk y Jeffries, 1996).

Durante la década de 1980's comenzó el auge de la investigación de sistemas biológicos con capacidad para degradar la lignina, que es el polímero responsable de la coloración marrón de la madera y celulosa. El uso de hongos de podredumbre blanca, no mostró resultados muy alentadores para su uso a nivel industrial, pues la tasa de reacción del consumo de lignina por parte de los hongos es sumamente baja y está sujeta a condiciones de inocuidad y esterilidad difíciles de controlar (Ferraz et al., 2000).

Si partimos de material lignocelulósico parcialmente delignificado con un tratamiento químico (organosolv/ $H_2SO_4$ ) (Sidiras, D. y Koukios, E., 2004), y posteriormente se pone en contacto con un agente biológico, el grado de delignificación será mucho mayor.

## 1.Objetivos

- Optimizar un modelo de delignificación (proceso organosolv), aplicando un diseño factorial.
- Evaluar el efecto de tratamiento biológico en la disminución de la cantidad de materia oxidable presente en el aserrín pretratado.

## 3. Metodología

### *Aserrín de pinos*

Recolectado en aserraderos de la provincia de Córdoba (en Córdoba se cultivan las siguientes variedades: *P.elliottii*, *P.taeda*, *P.radiata* y *P.patula*, siendo las dos primeras el 83% del total.)

### *Evaluación del efecto del proceso organosolv en la disminución de lignina en aserrín*

La cantidad máxima de lignina removible presente en el aserrín y la evaluación del efecto del proceso organosolv, fue realizada a través de un diseño experimental, en el cual se muestra el cambio del contenido de lignina en aserrín con diferentes tratamientos, encontrándose la combinación optima de las variables para lograr el mayor grado de delignificación.

El aserrín utilizado se almacenó controlando su humedad sin superar el 9%. Los siguientes pasos fueron: la molienda y el cribado de las partículas con tamaño entre 0,1

y 1 mm que se utilizaron en los experimentos posteriores. La materia prima es tratada con una mezcla de tolueno-etanol (2:1 v/v) en un equipo Soxhlet durante 6 horas. La muestra libre de ceras y otros extractos se secaron en estufa y se analizaron. Los resultados (expresado en % w/w en peso seco) fueron los siguientes: el 37,7% de celulosa, el 24,4% hemicelulosas, el 27,5% de lignina insoluble en ácido y el 10,4% de otros componentes.

Los reactores utilizados fueron de vidrio tipo bach, contenidos en tubos de acero los que permiten trabajar a presiones más altas que la presión normal, y temperaturas de hasta 187°C.

Se utilizó un horno de temperatura y tiempos ajustables. La reacción fue catalizada por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2-12%, en una solución de etanol acuoso al 50% y la proporción líquido / sólido fue de 10/1. El intervalo de temperatura utilizada en el proceso fue entre 80-187 °C y el tiempo de reacción varió de 1 a 3 horas.

El diseño está compuesto por un factor 2<sup>n</sup> de estructuras en torno a una serie de observaciones en un punto central cumpliendo con los requisitos generales de todos los parámetros de un modelo polinómico estimado a partir de un moderado número de observaciones y que estas, se extiendan lo más uniformemente posible a lo largo de la región experimental de interés (Montgomery, 1991). Veinte experimentos fueron suficientes para adaptarse a un modelo polinómico de segundo orden, con tres variables independientes. La combinación para el diseño experimental fue la siguiente: variables independientes tiempo de cocción, temperatura y concentración H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y variable dependiente % de lignina. Los resultados se graficaron como Superficies de Respuesta (Unscrambler, 1998).

#### *Fermentación del material pre-tratado (organosolv)*

##### *Los microorganismos*

Se usaron cepas nativas de *Trametes villosa* CCC31 provistas por el Dr. Gerardo Robledo - Laboratorio de Micología, IMBIV – CONICET – UNC. Se las mantiene en agar-malta a 4°C. A partir de ese momento, son transferidas a placas de Petri (20,0 g/L de malta y 20,0 g/L de agar, pH 7) y llevadas a incubación durante 7 días. La temperatura de incubación es 28°C. La preparación de los inóculos para todos los experimentos se llevó a cabo transfiriendo 5 trozos circulares de agar colonizado desde las cajas de Petri a erlenmeyer de 250 ml con 100 mL de medio de cultivo Kirk modificado e incubando durante 7 días.

##### *Medio de cultivo Kirk modificado para hongos de pudrición blanca*

Se utilizó como base el medio de cultivo Kirk modificado (Tien y Kirk, 1988).

Composición del medio (Cantidad para 1L): Glucosa 10 g, CaCl<sub>2</sub> 0,1g, Tartrato de amonio 0,2 g, Acetato de sodio 3,3 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2,0 g, MgSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O 0,5g, Tween 80 (al 10%) 5,0 mL, elementos trazas 10 mL. El pH final de la solución se ajustó a 4,5.

Elementos traza (Cantidad para 1 L):MgSO<sub>4</sub> 3,0g, ZnSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O 0,1g, MnSO<sub>4</sub> 0,5g, CuSO<sub>4</sub> 0,1g, NaCl 1,0 g, H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 0,01g, FeSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O 0,1g, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O 0,01g, CoCl<sub>2</sub> 0,1g, AlK (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> x 12H<sub>2</sub>O 0,01g.

Para evaluar el efecto de las enzimas en la degradación de la lignina en el aserrín se cambió la concentración de glucosa, haciéndola diez veces menor, para así lograr que el aserrín fuera la fuente principal de carbono para el hongo.

El medio presenta también iones metálicos como  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{Mn}^{+2}$  los cuales incrementan la actividad de las enzimas secretadas por los hongos (Galhaup y Haltrich, 2001; Kirk y Farrell, 1987). Por otra parte, debido a que estas son enzimas extracelulares, se ha estudiado también el uso de protectores enzimáticos como el Tween80 que recubren la enzima y evitan la degradación por acción mecánica (Bañuelos y Panuco, 1994).

#### *Actividad de Lacasa (con ABTS)*

Se determina mediante la oxidación de ABTS en una mezcla de reacción que contiene 50mM ABTS, 0,1 M de buffer Acetato de Sodio, pH 5.0 y una cantidad adecuada del extracto enzimático. La oxidación del ABTS se sigue midiendo el aumento de absorbancia a 420 nm ( $\epsilon_{420} = 3,6 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) en un volumen total de 1 mL (Wolfenden et al, 1982).

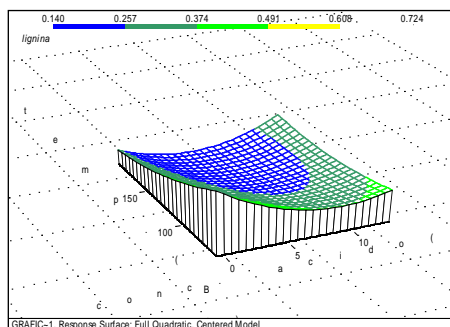
#### *Proceso integrado*

La evaluación tanto de la producción de enzimas ligninolíticas como del proceso de degradación sufrido por la lignina del aserrín, se realizó en un sistema de fermentación en estado sólido, en frascos erlenmeyers de 250ml, que contienen 100ml de medio basal el cual se suplementa con 5gr de sustrato (aserrín de *Pinus sp.* pretratado). En los medios estériles se inocula un disco de agar impregnado con micelio de 1 cm de diámetro, se incuba a 28°C en condiciones estáticas. A partir de las primeras 48 horas se toman muestras del fermentado para determinar actividad enzimática y se repite durante 28 días.

## 4. Resultados

#### *Evaluación del efecto del proceso organosolv*

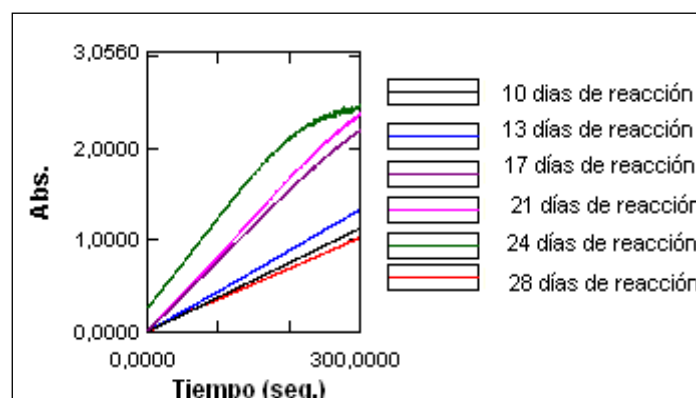
En el proceso organosolv, se alcanzó un mínimo porcentaje de lignina ácido insoluble de 0.08%, con un tiempo de cocción de 2 horas, una concentración de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 6% y una temperatura de 120 °C.



**FIGURA 1.** Fraccionamiento Organosolv de aserrín de pino: % lignina en función a la concentración de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y la temperatura.

#### *Producción de enzimas sobre materiales lignocelulósicos*

Se evaluó la producción de lacasa sobre aserrín. La mayor producción se observó en la tercera semana, alcanzando un valor de 8250 U/ml. Posteriormente, se observó una disminución de la actividad hasta perderse el 75% de su valor máximo al final del día 28.

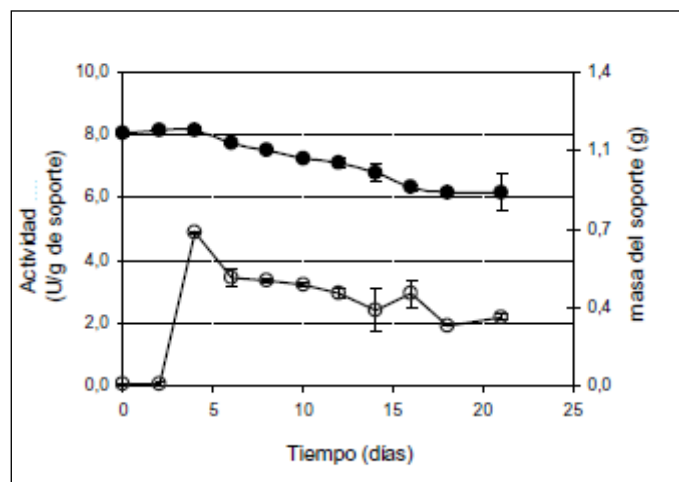


**FIGURA 1.** Actividad enzimática de lacasa (ABTS)

Días de reacción	10	13	17	21	24	28
Actividad enzimática (U/ml)	3083	3667	6500	6917	8250	2916

**TABLA 2.** Medidas de actividad en función del tiempo de reacción

Los resultados de producción de enzima con *Trametes villosa* guardan relación con la reducción de la masa de material insoluble, puesto que los residuos lignocelulosicos son degradados por las enzimas producidas. En el aserrín, se alcanzo una reducción en la masa de material lignocelulosico del 10% aproximadamente, tras los 28 días de cultivo (Véase figura 2).



**FIGURA 2.** Variación de la actividad enzimática y de la masa de material lignocelulósico en función del tiempo de reacción.- ● Masa del soporte (g) - ○ Actividad (U/g de soporte)

NO se observo correlación directa entre la producción de enzima y la degradación de los materiales lignocelulósicos. Este fenómeno ya se había observado en pruebas de bioblanqueo de pasta de papel, donde mayores actividades alcanzadas en algunos cultivos de *Bj. adusta*, no proporcionan un mayor potencial de bioblanqueo (Feijoo et al, 1997).

Existen pocos estudios relacionados con la producción de enzimas ligninolíticas sobre residuos lignocelulósicos; aunque estos materiales se hayan utilizado ampliamente para

permitir la propagación de los hongos y favorecer las condiciones de biorremediación del suelo (Rama et al., 2001; Bumpus, et al., 1988).

Desafortunadamente no todos los trabajos de bibliografía, permiten comparar sus resultados con los mostrados en este informe, debido a las diferentes unidades en que se presentan (Couto et al., 2001, 2002).

El *Trametes villosa* tiene buena capacidad para producir enzimas ligninolíticas utilizando como sustrato el aserrín. Dicho sustrato no es fácilmente degradable pero se logró alrededor de un 10% de degradación, en 28 días de cultivo.

## 5. Conclusiones

- Con el tratamiento químico logramos extraer del aserrín un porcentaje importante de lignina liberando los carbohidratos para una posterior hidrólisis y utilización. Debemos tener en cuenta el costo de los reactivos utilizados, la generación de compuestos contaminantes y el gasto energético (se trabaja con altas temperaturas).
- Con tratamientos biológicos se produce un menor deterioro del material de partida (tanto en aserrín como en aserrín pretratado con proceso organosolv) pero éste es un tratamiento “limpio”. No se generan contaminantes ni se produce gasto de energía. Recordemos que los hongos con los que trabajamos se encuentran en la naturaleza.
- Los hongos de pudrición blanca liberan mayor cantidad de enzimas ligninolíticas en condiciones de estrés (material de partida sin tratar), por lo que se justificaría que el bioproceso comience con la fermentación biológica del aserrín.

De esta forma se optimizarían los gastos de energía y se disminuiría la contaminación, sin perder el grado de extracción de lignina logrado, trabajando a menores temperaturas, tiempos más cortos y concentraciones de catalizadores más bajas.

## 6. Bibliografía

- Bañuelos; Panuco, C. A. (1994). Reducción de color de aguas residuales provenientes de una empresa papelera empleando el hongo *Phanerochaete chrysosporium*. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. México D. C., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) 86.
- Bumpus, J.A.; Tudor, F.; Jurek, M.; Mileski, G.J; Aust, S.D. (1988). Biological treatment of hazardous wastes by *Panerochaete chrysosporium*. Biotechnology applications in hazardous waste treatment. New York: Engineering Foundation: 167-183.
- Couto, S.R.; Rivela, I.; Sanroman, A. (2001). Design of different bioreactor configurations: application to ligninolytic enzyme production in semisolid- state cultivation. J Chem Technol Biot; 76 (1):78-82.
- Couto, S.R.; Feijoo, G.; Moreira, M.T., Lema, J.M. (2002). Evaluation of the environmental conditions for the continuous production of lignin peroxidase by *Phanerochaete chrysosporium* in fixed-bed bioreactors. Biotechnol Lett; 24(10):791-794.
- Feijoo, G.; Moreira, M.T.; Sierra-Álvarez, R.; Field, J.A.; Lema, JM. (1997). Blanqueo de pasta Kraft con hongos ligninolíticos. Afinidad;54 (470):321-326.
- Ferraz, A.; Mendonça, R.; Silva, F. (2000). Organosolv delignification of white- and brownrotten Eucalyptus grandis hardwood. Journal of Chemical Technology, 75: 18-24.

- Galhaup, C.; Haltrich, D. (2001). "Enhanced formation of laccase activity by the white-rot fungus *Trametes pubescens* in the presence of copper". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56: 225 – 232.
- Hatakka, A.I. (1983). Pretreatment of wheat straw by white-rot fungi for enzymic saccharification of cellulose. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 18:350-357
- Kirk, T.K.; Jeffries, T.W. (1996). Roles for microbial enzymes in pulp and paper processing. In: *Enzymes for pulp and paper processing*. Jeffries TW & Viikari L (eds) American Chemical Society, Washington DC. pp. 2–14.
- Kirk, T.; Farrell, R. L. (1987). "Enzymatic combustion: the microbial degradation of lignin". *Annual Reviews of Microbiology*, 41: 465 – 505.
- Montgomery, D.C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*-Grupo Editorial Iberoamérica.
- Pergassere, G.B.; Rodríguez, M.E.; Camusso, C. (2012). Degradación de xenobióticos orgánicos a partir de un extracto enzimático del hongo *Grammothele subargentea*. Libro de actas del congreso latinoamericano de ingeniería y ciencias aplicadas. ISBN: 978-987-575-106-4.
- Rama, R.; Sigoillot, J.C.; Chaplain, V.; Asther, M.; Jolival, C.; Mougin, C. (2001). Inoculation of filamentous fungi in manufactured gas plant site soils and PAH transformation. *Journal of Polycyclic Aromatic Compounds*; 18 (4):26-32.
- Sidiras, D. y Koukios, E. (2004). Simulation of acid-catalysed organosolv fractionation of wheat straw- *Bioresource Technology*, 94, pp.91/8.
- Unscrambler. (1998). Software de diseño experimental.
- Wolfenden, B. S.; Willson, R. L. (1982). *J. Chem. Soc. Perkin Trans II*. 805-812.

## 31TCAm - SELECCIÓN DE CEPAS DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA CON HABILIDAD DECOLORANTE

RODRÍGUEZ M. E.<sup>1</sup>; PERGASSERE G. B.<sup>1</sup>; CAMUSSO C.<sup>1,2</sup>

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Ing.  
Agr. Felix Aldo Marrone 746 - Córdoba (5000). Argentina.

E-mail: [ma.eugeniarodriguez@hotmail.com](mailto:ma.eugeniarodriguez@hotmail.com)

2. Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNLaR.  
Argentina.

### Resumen

Frente a la necesidad de desarrollar métodos de tratamientos biológicos prácticos para tratar residuos de colorantes, plaguicidas u otros contaminantes, el uso de variedades de hongos de pudrición blanca de la madera se plantea como una alternativa para la biorremediación.

En éste trabajo se evaluó la capacidad de expresión enzimática, el crecimiento y la actividad decolorante de dos cepas de basidiomicetes productores de enzimas ligninolíticas: *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* en medio sólido y líquido, frente a tres colorantes seleccionados. Los resultados demuestran que *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* son productores de lacasa y con habilidad decolorante de rojo fenol, azul de metileno y verde de malaquita, siendo *Trametes versicolor* el menos capaz y más sensible. El verde de malaquita resultó ser un colorante que afectó al crecimiento de estos hongos.

### 1. Introducción

La eliminación de compuestos coloreados en las aguas residuales se basa principalmente en sistemas de tratamiento físicos o químicos, tales como la adsorción, la concentración y transformación química (Moreira et al. 2000). Sin embargo, todas estas técnicas tienen defectos, y una alternativa eficaz y de bajo costo sería muy útil. Por lo tanto, deben desarrollarse métodos nuevos, en particular, mediante el uso específico microorganismos para la degradación de compuestos recalcitrantes (Yesilada et al., 2003).

La mayoría de los estudios previos se enfocaron en las enzimas que degradan la lignina de *P. chrysosporium* y *T. versicolor*. Últimamente ha habido un creciente interés en el estudio de las enzimas modificadoras de lignina de una amplia gama de hongos de pudrición blanca de la madera en búsqueda de los mejores sistemas que degradan la lignina (Revankar y Lele, 2007). Las enzimas ligninolíticas producidas por estos hongos, por su falta de especificidad y alto potencial redox, son capaces de actuar sobre diferentes compuestos aromáticos, particularmente algunos fenoles (Pergassere et al., 2012).

Muchos estudios han demostrado que los hongos de pudrición blanca pueden degradar una amplia variedad de diversos colorantes, tales como derivados azo, antraquinónicos, heterocíclicos, del trifenilmetano y colorantes poliméricos debido al sistema enzimático degradador: lignina-peroxidasa (LIP), manganeso-peroxidasa (MnP) y lacasa (Cripps et al., 1990; Vicuña et al., 1993; Heinfling et al., 1998; Swamy y Ramsay, 1999).



El sistema ligninolítico de *Pleurotus spp.* ha sido ampliamente estudiado, y parece ser una alternativa eficaz para la biorremediación de contaminantes resistentes (Cohen et al., 2002). Se ha demostrado, en cultivos sumergidos de *Pleurotus sajorcaju*, la capacidad de degradación de polifenoles totales presentes en efluentes de las fábricas de papel (Munari et al., 2007). Los hongos de pudrición blanca de la madera y sus enzimas ligninolíticas presentan una potencial aplicación en la degradación de distintos xenobióticos orgánicos sintéticos que causan problemas medioambientales. Los basidiomicetes *Trametes versicolor* y *Trametes villosa* son hongos productores de enzimas ligninolíticas cuyo hábitat de crecimiento son los bosques serranos de Córdoba, por lo que han sido seleccionados para estudiar su comportamiento y capacidad degradativa de sustratos recalcitrantes.

## 2. Objetivos

- Evaluar la producción de enzimas ligninolíticas en medio sólido con ácido gálico.
- Evaluar el crecimiento de los hongos *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* en medio sólido con colorantes (Rojo fenol, Verde de malaquita, Azul de metileno).
- Determinar la actividad enzimática de lacasa y la capacidad de decoloración de los dos hongos de pudrición blanca en medio líquido.

## 3. Materiales y métodos

### *Cepas fúngicas*

Se utilizaron cepas de *Trametes villosa* CCC31 y *Trametes versicolor* 143M provistas por el Dr. Gerardo Robledo - Laboratorio de Micología, IMBIV – CONICET – UNC. Se mantuvieron en medio agar-extracto de malta a 4°C.

### *Determinación de la capacidad enzimática*

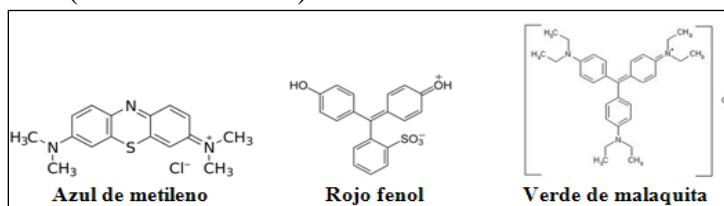
La capacidad de expresión enzimática de lacasa y ligninoperoxidasas se evaluó usando un método que involucra la determinación de la tasa de crecimiento de cada cepa en placa. Se sometió a análisis cuali-cuantitativos en Agar-Ácido gálico (AAG). Los ensayos consistieron en observar y medir el diámetro de crecimiento de la colonia y el diámetro de decoloración. Se realizaron mediciones (en mm) todos los días durante cinco días. Ambas mediciones reflejan la velocidad del crecimiento del hongo y la producción de enzimas ligninolíticas. Luego se calculó la relación de halo / colonia (%) = (Relación del diámetro del halo enzimático / el diámetro de la colonia) x 100. Los organismos fueron inoculados en cajas de Petri en medio sólido (100 mL): 0,3gr. extracto de levadura, 0,3gr. extracto de malta, 0,5gr. Peptona, 1gr. Glucosa, 5gr. Agar y 0,5gr. Ácido gálico. El medio se autoclavó a 121°C durante 20 min. Como inóculo se utilizó un taco de agar de 6 mm obtenido de las colonias de 7 días de desarrollo en el medio malta-agar. Las cajas de Petri se incubaron a 28°C por 5 días. Cada cepa se evaluó por triplicado.

### *Ensayos de crecimiento en medio sólido*

Los ensayos fueron realizados en medio sólido de extracto de malta-agar con el colorante incorporado: Rojo fenol (RF), Verde de malaquita (VM) y Azul de metileno (AM), a dos concentraciones: 12,5 mg/L y 25mg/L.

Las placas de Petri fueron inoculadas con un trozo de agar de 6 mm provenientes del cultivo de mantenimiento.

Se incubaron a 28°C en oscuridad y se evaluó periódicamente (todos los días) el halo de crecimiento de la colonia (diámetro mm/día) durante 20 días.



**FIGURA 1.** Estructura química de los colorantes

#### *Ensayos de crecimiento en medio líquido*

Se evaluó el crecimiento de las cepas y su capacidad decolorante sobre el medio líquido en buffer acetato pH 5. Se utilizaron los tres colorantes a las mismas concentraciones que en medio sólido. Las soluciones fueron esterilizadas en autoclave (121°C, 15 min) y se inocularon con tres discos de micelio de 6 mm de diámetro, obtenidos de los cultivos de mantenimiento. Se incubaron en oscuridad a 28°C. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Las muestras se tomaron cada tres días durante 21 días de ensayo.

Se midió la actividad enzimática de lacasa mediante la oxidación de ABTS en una mezcla de reacción que contiene 50mM ABTS, 0,1 M de buffer Acetato de Sodio, pH 5.0 y una cantidad adecuada del extracto enzimático. La oxidación del ABTS se sigue midiendo el aumento de Absorbancia a 420 nm ( $\epsilon_{420} = 3,6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) en un volumen total de 1 mL (Wolfenden y Wilson, 1982).

Se determinó la decoloración de cada colorante por los valores de absorbancia registrados a la máxima longitud de onda (AM  $\lambda=665$ , RF  $\lambda=431$ , VM  $\lambda=618$ ) y el pH en cada una de las muestras extraídas.

Los resultados fueron analizados mediante un análisis estadístico multivariado (MANOVA) utilizando el software Infostat (2013). Se estableció una nueva variable categórica combinando todos los tratamientos: Colorante\_Hongo\_Concentración.

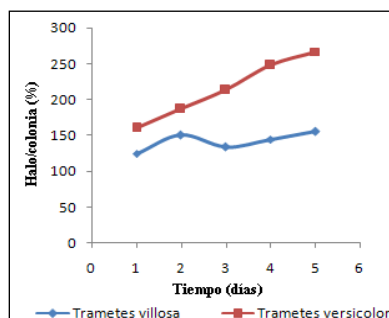
Variable categórica	Colorante	Cepa de Hongo	Concentración
AM_Versicolor_1	AM	<i>T. versicolor</i>	12,5 mg/L
AM_Versicolor_2	AM	<i>T. versicolor</i>	25 mg/L
AM_Villosa_1	AM	<i>T. villosa</i>	12,5 mg/L
AM_Villosa_2	AM	<i>T. villosa</i>	25 mg/L
R_Versicolor_1	RF	<i>T. versicolor</i>	12,5 mg/L
R_Versicolor_2	RF	<i>T. versicolor</i>	25 mg/L
R_Villosa_1	RF	<i>T. villosa</i>	12,5 mg/L
R_Villosa_2	RF	<i>T. villosa</i>	25 mg/L

**TABLA 1.** Parámetros estadísticos (variables categóricas)

## **4. Resultados**

### *Capacidad enzimática*

Los dos hongos evaluados mostraron la formación de halos enzimáticos en el medio con ácido gálico. Los resultados indican que el *T. villosa* muestra % halo/colonia menor al *T. versicolor*, por lo cual el *T. versicolor* presenta un mayor potencial para la secreción de enzimas ligninolíticas.

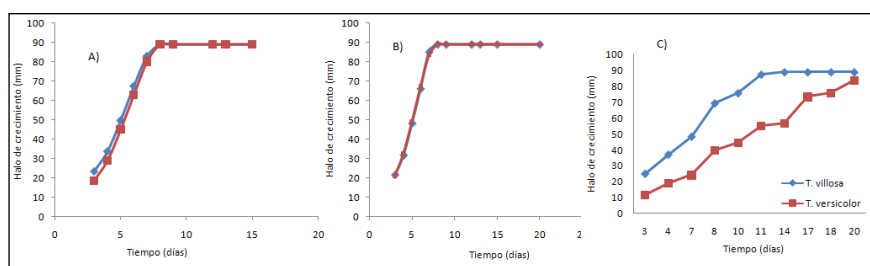


**FIGURA 2.** Relación diámetro halo/diámetro colonia (%) en ácido gálico vs. tiempo de incubación.

### Ensayos de crecimiento en medio sólido

Las cepas de *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* mostraron un comportamiento similar en relación al crecimiento en presencia de los colorantes RF y AM, alcanzando su máximo crecimiento a los 6 y 7 días. La concentración mayor del colorante resultó un inhibidor leve del crecimiento.

Con respecto a VM, el crecimiento de las cepas de los hongos de pudrición blanca mostró un desarrollo diferente. La cepa *Trametes villosa* fue la mejor adaptada, ya que a una concentración de colorante de 12,5mg/L se alcanzó el máximo crecimiento a los 10 días y a una concentración de 25mg/L a los 14 días. La cepa de menor desarrollo fue *Trametes versicolor* obteniéndose el máximo desarrollo después de los 20 días de crecimiento (figura 3). Acorde a estos resultados, la concentración del colorante resultó ser un factor importante en el desarrollo de estos hongos, ya que es un fuerte inhibidor del crecimiento. Además, el VM manifestó ser un colorante tóxico para el desarrollo de *T. villosa* y *T. versicolor* comparado con RF y AM (Mouso et al, 2007).



**FIGURA 3.** Curvas de crecimiento de *Trametes villosa* y *Trametes versicolor* frente a rojo fenol (A), azul de metileno (B) y verde de malaquita (C) (25mg/L).

### Ensayos de crecimiento en medio líquido

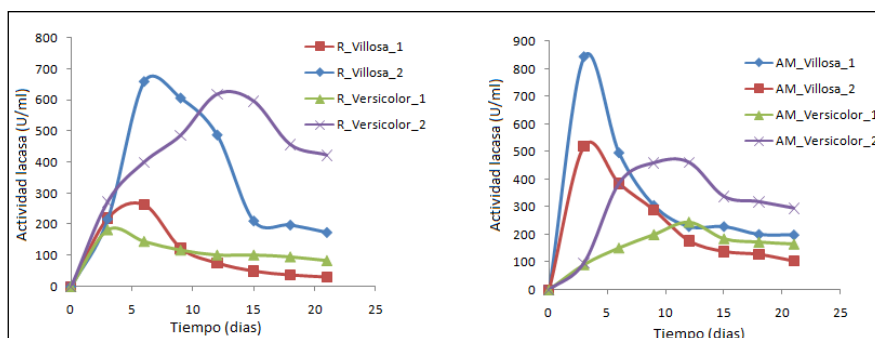
#### Actividad enzimática

La máxima actividad de lacasa se detectó para las concentraciones más altas de RF (25mg/L) para los dos hongos. En el AM el *T. villosa* presentó mayor actividad enzimática en concentraciones bajas (12,5mg/L) y superior que el *T. versicolor*. Con VM no se detectó actividad enzimática en ninguno de los tratamientos.

Los valores de máxima actividad enzimática se presentaron a los seis días de crecimiento, los cuales fueron 659,25 U/mL para el *T. villosa* y 619,38 U/mL para el *T. versicolor* a los 12 días de reacción, cuando el colorante utilizado fue RF.

Con el colorante AM el *T. villosa* presentó la máxima actividad enzimática de lacasa de 842,4 U/mL a los tres días de crecimiento. Por el contrario con *T. versicolor* se

determinó una actividad enzimática de lacasa de 460,8 U/mL a los 12 días de crecimiento.

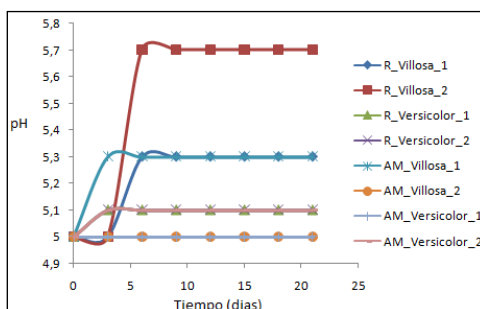


**Figura 4.** Actividad enzimática de lacasa vs. tiempo de reacción.

### Mediciones de pH

Para los tratamientos con el colorante AM las variaciones de pH fueron del 0 al 2% y para el caso del rojo fenol del 6 al 14 %. Al estar preparadas los medios con soluciones buffer las mínimas variaciones detectadas a lo largo del ensayo se las atribuimos a errores aleatorios.

La importancia de controlar dicho parámetro se debe a que en el rango de pH 5 - 6 se encuentra la mejor condición para el desarrollo del hongo y liberación de enzimas.

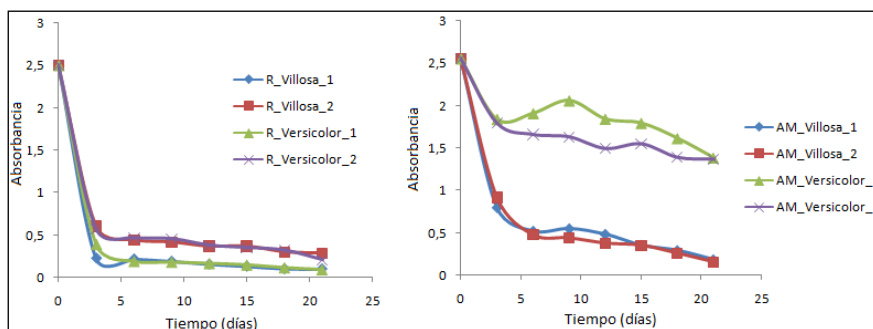


**Figura 5.** Variación del pH a lo largo del ensayo.

### Decoloración

Las mediciones de máxima decoloración se observaron a los 21 días de crecimiento en los colorantes RF y AM. El comportamiento de los dos hongos en el colorante rojo fenol fue similar, sin mostrar diferencias en relación a la concentración del colorante. Como se puede observar en la figura 6 se produce una disminución aproximada de la absorbancia del 80% a los 6 días de reacción.

Con el AM ambos hongo presentan un comportamiento diferente. El *T. versicolor* muestra una capacidad decolorante menor (disminución de la absorbancia de aproximadamente 40%) . Para *T. villosa* el grado de decoloración es mayor reflejándose en una disminución de la absorbancia del 90% (figura 6).



**Figura 6.** Variación de la absorbancia en medios líquidos.

### Análisis multivariado

El análisis estadístico demuestra que la capacidad decolorante de los hongos en estudio es diferente de acuerdo a las variables analizadas (actividad enzimática, capacidad de decoloración). A partir del análisis multivariado (MANOVA) según la prueba de Hotelling, los tratamientos se separan en cinco grupos diferentes (A, B, C, D, E). Según el estadístico de Wilks ( $\alpha=0,05$ ) el modelo es estadísticamente significativo, ya que presenta un valor  $p < 0,0001$ .

Análisis de la varianza multivariado					
Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)					
F.V.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p
COLORANTE HONGO CONCENTRAC..	0,37	16,70	14	366	<0,0001
Prueba Hotelling Alfa=0,05					
Error: Matriz de covarianzas común gl: 184					
COLORANTE HONGO CONCENTRAC.. Actividad DECOLORACION n					
AM_VERSICOLOR_2	294,26	1,68	24	A	
AM_VERSICOLOR_1	151,82	1,87	24	B	
R_VERSICOLOR_1	103,16	0,47	24	C	
R_VILLOSA_1	99,88	0,45	24	C	
R_VILLOSA_2	319,17	0,66	24	D E	
AM_VILLOSA_1	312,32	0,72	24	D E	
AM_VILLOSA_2	217,76	0,69	24	D	
R_VERSICOLOR_2	407,35	0,66	24	E	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					

**TABLA 2.** Análisis de la varianza multivariado

Para complementar el análisis anterior se realizó un gráfico de perfiles. En este gráfico podemos separar los tratamientos, teniendo en cuenta la variable decoloración a lo largo de todo el ensayo, en tres grupos (figura 7), observándose que el *T. versicolor* muestra un comportamiento diferente con el colorante AM respecto a los demás tratamientos en estudio.

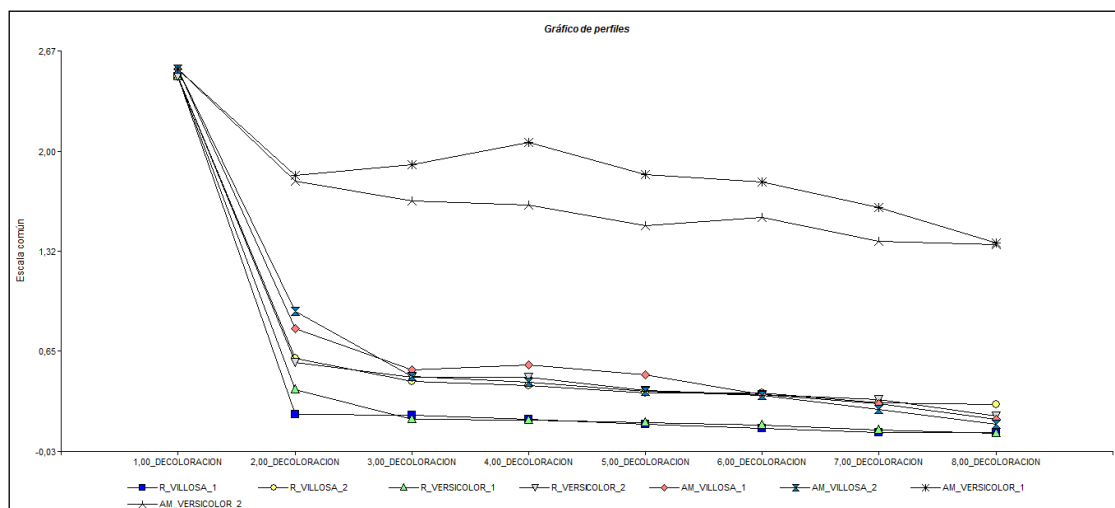


FIGURA 7. Gráfico de perfiles multivariado.

## 5. Conclusión

Las cepas en estudio poseen secreción de enzimas fenol-oxidasas que se pueden aplicar a procesos biotecnológicos, siendo el *T. versicolor* el que presenta una mayor capacidad para la producción de enzimas ligninolíticas. Ambos hongos son capaces de degradar el azul de metileno y el rojo fenol, aunque muestran un comportamiento diferente frente a la liberación enzimática, como se ve en los resultados expresados, la máxima producción de lacasa es superior, en menor tiempo de crecimiento, en el *T. villosa* frente a este tipo de sustratos.

Estas diferencias se evidencian cuando el colorante tiene una estructura no fenólica como es el azul de metileno. El verde de malaquita en las concentraciones ensayadas resultó ser un colorante inhibitorio para el crecimiento de estos organismos.

El *T. villosa* presenta alta actividad enzimática en medio con AM (independiente de la concentración del colorante). Bajo estas condiciones existe una relación directa entre la actividad enzimática y el grado de decoloración.

## 6. Bibliografía

- Cohen, R.; Persky, L.; Hadar, Y. (2002). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl Microbiol Biotechnol* 58:582–594.
- Cripps, C.; Bumpus, J.A.; Aust, S.D. (1990). Biodegradation of azo and heterocyclic dyes by *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl Environ Microbiol* 56:1114–1118.
- Heinfling, A.; Martinez, M.J.; Martinez, A.T.; Bergbauer, M.; Szewzyk, U. (1998). Transformation of industrial dyes by manganese peroxidases from *Bjerkandera adusta* and *Pleurotus eryngii* in a manganese-independent reaction. *Appl Environ Microbiol* 64:2788–2793.
- Moreira, M.T.; Feijoo, G.; Lema, J.M. (2000). Evaluation of different fungal strains in the decolorisation of synthetic dyes. *Biotechnol Lett* 22:1499–1503.
- Mouso, N.; Diorio, L.; Forchiassin, F. (2007). Acción de *Stereum hirsutum* (Wild) Pers. en la degradación de colorantes. *Rev. Iberoam. Micol.* 24: 294-298.

- Munari, F.M.; Gaio, T.A.; Dillon, A.J.P. (2007). Phenol degradation and color removal in submerged culture of *Pleurotus sajor-caju* with paper mill effluents. *Biocatal Biotrans* 25:24–28.
- Pergassere, G.B.; Rodríguez, M.E.; Camusso, C. (2012). Degradación de xenobióticos orgánicos a partir de un extracto enzimático del hongo *Grammothele subargentea*. Libro de actas del congreso latinoamericano de ingeniería y ciencias aplicadas. ISBN:978-987-575-106-4.
- Revankar, M.S.; Lele, S.S. (2007). Synthetic dye decolorization by white rot fungus, *Ganoderma* sp. WR-1. *Bioresour Technol* 98:775–780.
- Swamy, J.; Ramsay, J.A. (1999). Effects of glucose and  $\text{NH}_4^+$  concentrations on sequential dye decoloration by *Trametes versicolor*. *Enzyme Microb Technol* 25:278–284.
- Vicuña, R.; Gonzalez, B.; Seelenfreund, D.; Ruttimann, C.; Salas, L. (1993). Ability of natural bacterial isolates to metabolize high and low molecular weight lignin-derived molecules. *J Biotechnol* 30:9–13.
- Yesilada, O.; Asma, D.; Cing, S. (2003). Decolorization of textile dyes by fungal pellets. *Process Biochem* 38:933–938.
- Wolfenden B. S. y Wilson R. L. (1982). *J. Chem. Soc. - Perkin Trans II*. 805-812.

# **32TCAm - ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE MUESTRAS DE CARBÓN ACTIVADO PREPARADO A DISTINTAS TEMPERATURAS DE CARBONIZACIÓN Y DE SU PERFORMANCE EN PROCESOS DE ADSORCIÓN**

**BERALDI, A. M.<sup>1</sup>; AIELLO, G. A.<sup>1</sup>; ARLIA, M. A.<sup>1</sup>; BONELLI, P. R.<sup>2</sup>,  
CUKIERMAN, A.L.<sup>2</sup>; APHESTEGUY, J.<sup>3</sup>; de CELIS J.P.<sup>1</sup>**

**1. UDB Química, Facultad Regional Avellaneda, UTN. Ramón Franco 5050 (1874).  
Villa Domínico, Avellaneda. Buenos Aires. Argentina.**

**E-mail: [jdecelis@fi.uba.ar](mailto:jdecelis@fi.uba.ar)**

**2. Programa de Investigación y Desarrollo de Fuentes Alternativas de Materias  
Primas y Energía (PINMATE) - Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias  
Exactas y Naturales. UBA. Pabellón de Industrias. Intendente Güiraldes 2620.  
Ciudad Universitaria (C1428BGA) Buenos Aires. Argentina.**

**3. LAFMACEL, Facultad de Ingeniería. UBA. Paseo Colón 850 (C1063EHA)  
Buenos Aires. Argentina.**

## **Resumen**

La adsorción con carbón activado constituye una tecnología probadamente efectiva para el tratamiento terciario de aguas contaminadas en gran escala. En los últimos años, su demanda se ha incrementado considerablemente con este propósito. Como consecuencia, se ha suscitado un renovado interés en el desarrollo de carbones activados con alta capacidad de remoción de contaminantes, a partir de nuevos precursores, económicos, renovables y de segura disponibilidad. En el presente trabajo, se desarrollan muestras de carbón activado a partir de cáscara de maní. El precursor lignocelulósico empleado proviene de los desechos producidos por una fuente comercial del mercado alimenticio. Existen dos vías para la producción de carbón activado, la física y la química. Eligiendo la vía química, utilizando ácido ortofosfórico como agente activante y atmósfera autogenerada, se preparan muestras a distintas temperaturas de carbonización y se evalúan las propiedades texturales y morfológicas de las muestras carbonosas obtenidas. Los resultados obtenidos muestran que la estructura porosa comienza a desarrollarse en forma significativa a partir de 350°C, exhibiendo una estructura con características predominantemente microporosa. Luego, para las muestras llevadas a cabo a temperaturas de carbonización superiores se puede apreciar el desarrollo de mesoporos, probablemente a costa de una disminución de los microporos. Además, se llevaron a cabo experiencias de adsorción de Cr(VI) empleando el carbón activado desarrollado a 450°C, observándose un excelente desempeño para soluciones acuosas modelo, de concentraciones de 20 y 50 ppm de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> respectivamente.

## **1. Introducción**

Los carbones activados son materiales complejos cuyo estudio no está restringido a una única disciplina. Se ocupan de su estudio ciencias como la geología, la cristalografía, la química, la física teórica, la tecnología de control del medio ambiente e inclusive áreas



de la economía y el marketing (Marsh y Rodríguez-Reinoso, 2006). La importancia de los carbones activados reside en que son materiales de una alta porosidad cuya estructura de tipo pseudo-grafítica está formada por pequeñas láminas poliaromáticas apiladas en forma irregular. La naturaleza inherente del precursor o materia prima, como también el procedimiento y condiciones empleados en la síntesis de carbones activados influyen significativamente sobre las propiedades fisicoquímicas del producto resultante (Patrick, 1995). Estos sólidos son adsorbentes por excelencia y se utilizan con este fin en procesos en fases líquida y gaseosa. Las características texturales y la química de la superficie de los carbones activados determinan su performance como adsorbentes (Toles, 2000).

## **2. Objetivos**

En el presente trabajo, se estudia la transformación de la biomasa en carbones activados (CAs), mediante el proceso de activación química con ácido ortofosfórico en atmósfera autogenerada y diferentes temperaturas de carbonización. La finalidad es la de observar y analizar los cambios producidos en las propiedades texturales y en las características morfológicas de las muestras ensayadas. Además, se estudia la performance del CA en la remoción de Cr(VI) en soluciones modelo.

## **3. Metodología**

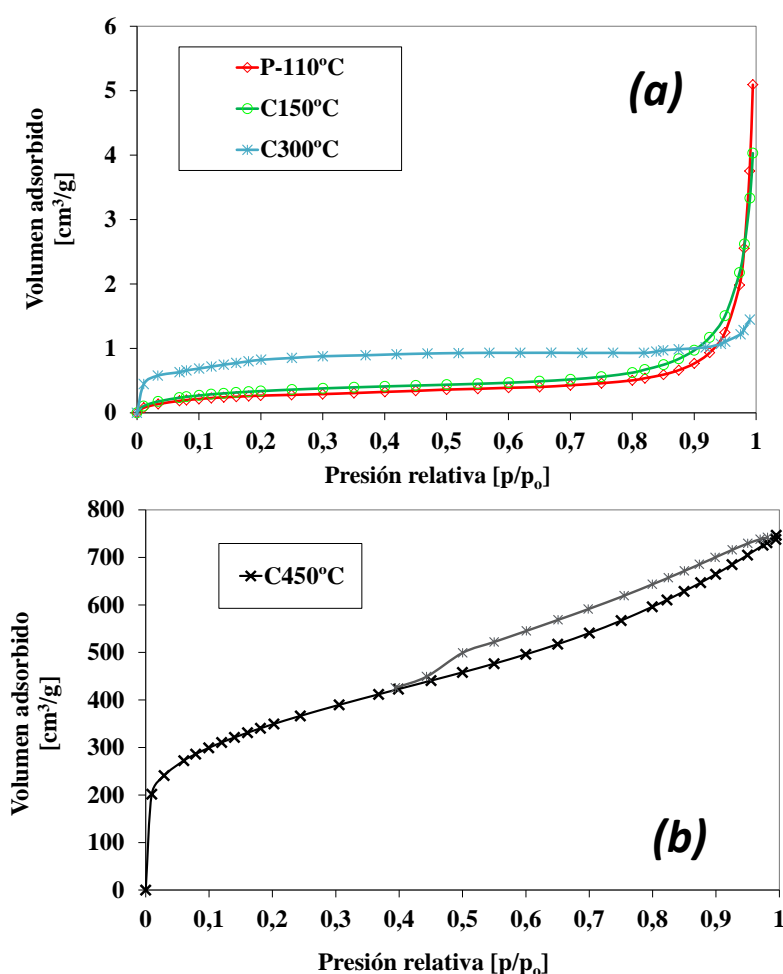
Para la preparación de carbón activado se utilizó como precursor, cáscara de maní acondicionado de tal forma de alcanzar diámetros de partículas menores a 0.5 mm. Se aplicó el proceso de activación química impregnando el precursor con solución de ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) al 50% m/m, de modo de obtener una relación en masa ácido/precursor de 2. El precursor impregnado fue pre-tratado en estufa a 110 °C durante 2 horas. Luego, se somete el material pre-tratado a un proceso de carbonización mediante una rampa de calentamiento en una mufla, hasta alcanzar una temperatura final determinada. Esta temperatura se mantuvo durante un lapso de tiempo, operando en condiciones de atmósfera autogenerada. Posteriormente, se procedió al lavado y secado del producto. Se prepararon cuatro muestras en instancias diferenciadas del proceso. La primera designada como P-110°C, es el precursor impregnado pre-tratado a 110°C. La segunda denominada C150°C, es el precursor impregnado pre-tratado y luego sometido al proceso de carbonización a 150°C durante 5 minutos. La tercera, C300°C, es el precursor impregnado pre-tratado y sujeto a carbonización a 300°C durante 5 minutos. Por último, la cuarta muestra, C450°C, que se obtuvo a una temperatura de carbonización de 450°C.

Las muestras obtenidas fueron caracterizadas mediante la determinación de las isothermas de adsorción de  $\text{N}_2$  a -196°C, empleando un sortómetro Micromeritics ASAP 2020 y se aplicó el procedimiento convencional de BET a fin de evaluar el área superficial específica ( $S_{\text{BET}}$ ). El volumen total de poros ( $V_T$ ) se calculó a partir del volumen de  $\text{N}_2$  adsorbido a la máxima presión relativa ( $p/p_0 = 0.99$ ). También se utilizó la teoría del Funcional de la Densidad (DFT) más el software provisto por Micromeritics, para la estimación de la distribución de porosidad. Los cálculos realizados se han aplicado con éxito a isothermas obtenidas para carbones activados (Landers et al., 2013). La caracterización morfológica de las muestras se llevó a cabo mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) realizadas en el equipo SEM Carl Zeiss NTS SUPRA 40.

Los ensayos de adsorción se llevaron a cabo a partir de ensayos batch a temperatura ambiente, empleando dosis fijas de carbón y variando la concentración inicial del soluto en condiciones de pH y equilibrio pre-establecidas. Se usaron dosis de 0,1 a 0,7 g de carbón/100 mL de solución y concentraciones iniciales de  $K_2Cr_2O_7$  de 20 y 50 ppm. La concentración del soluto en solución se determinó mediante espectrofotometría UV-Vis.

#### 4. Resultados

En la Figura 1(a) se ilustran las isothermas de adsorción de  $N_2$  (-196°C) obtenidas para las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada y, designadas como P-110°C, C150°C y C300°C. Estas muestran los volúmenes de  $N_2$  adsorbidos en función de la presión relativa,  $p/p_0$ , siendo  $p_0$  la presión de saturación. En la Figura 1(b) se presenta la isoterma de adsorción y desorción de  $N_2$  (-196 °C) obtenida para la muestra de carbón activado C450°C.



**FIGURA 1:** (a) Isothermas de adsorción de  $N_2$  (-196 °C) obtenidas para las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada (P-110°C, C150°C y C300°C) y (b) Isotherma de adsorción y desorción de  $N_2$  (-196 °C) obtenida para la muestra de carbón activado C450°C

En la Tabla 1 se presentan las características texturales de las muestras P-110°C, C150°C y C300°C y para la muestra de carbón activado C450°C.

**TABLA 1:** *Propiedades texturales de las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada (P-110°C, C150°C, C300°C y C450°C)*

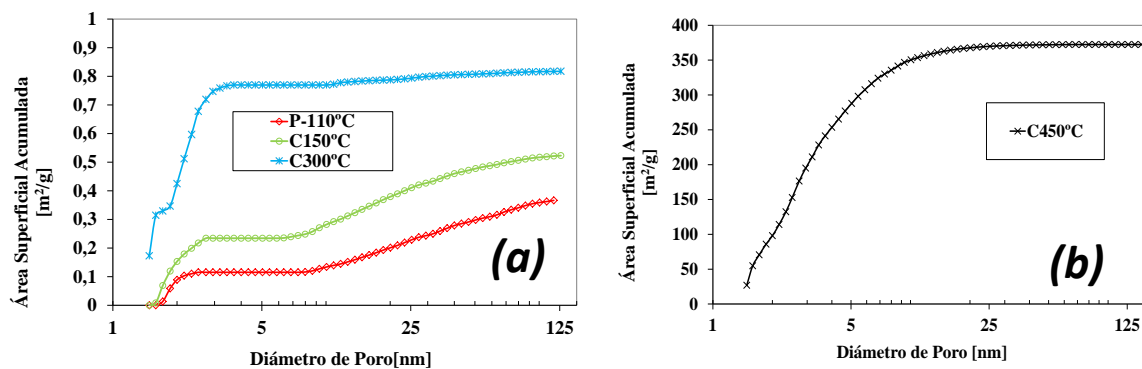
MUESTRA	<sup>2</sup> $S_{\text{BET}}$ [m <sup>2</sup> /g]	<sup>3</sup> $V_T$ [cm <sup>3</sup> /g]
P-110°C	1,04	0,0058
C150°C	1,31	0,0052
C300°C	2,98	0,0017
C450°C	1252	1,09

Las isothermas de las muestras P-110°C y C150°C serían de Tipo II, de acuerdo a la clasificación de IUPAC. Las mismas describen la adsorción física que ocurre en sólidos no porosos. Además, conforme a estos resultados no se desarrollaría porosidad en estas etapas de preparación y la superficie específica resultante sería muy reducida. Por otra parte, la forma de las isothermas parece mostrar la condensación de N<sub>2</sub> sobre la superficie del sólido formando multicapas a elevadas presiones relativas. Esto se verifica en los resultados presentados en la Tabla 1, donde se pueden apreciar volúmenes relativamente elevados de nitrógeno adsorbido que no se corresponderían con la porosidad desarrollada.

La isoterma correspondiente a la muestra C300°C es de tipo I según IUPAC. La forma de la misma evidencia el comienzo del proceso de formación de microporos y un muy leve desarrollo de la superficie específica. Esto estaría en concordancia con los resultados que se muestran en la Tabla 1. Otros autores, proponen que el volumen de microporos comienza a desarrollarse a partir de los 250°C y la microporosidad se incrementa rápidamente con el aumento de la temperatura, alcanzando un máximo cerca de los 350°C (Solum et al., 1995; Jagtoyen y Derbyshire, 1998).

La isoterma obtenida para la muestra C450°C indica, características intermedias entre las de tipo I y II (IUPAC). La forma de la misma sugiere que las matrices porosas de este carbón activado están conformadas por microporos (menores a 2 nm), y mesoporos (entre 2 y 50 nm). En estas condiciones de preparación se observa un elevado desarrollo de poros y una importante superficie específica tal como se exhibe en la Tabla 1.

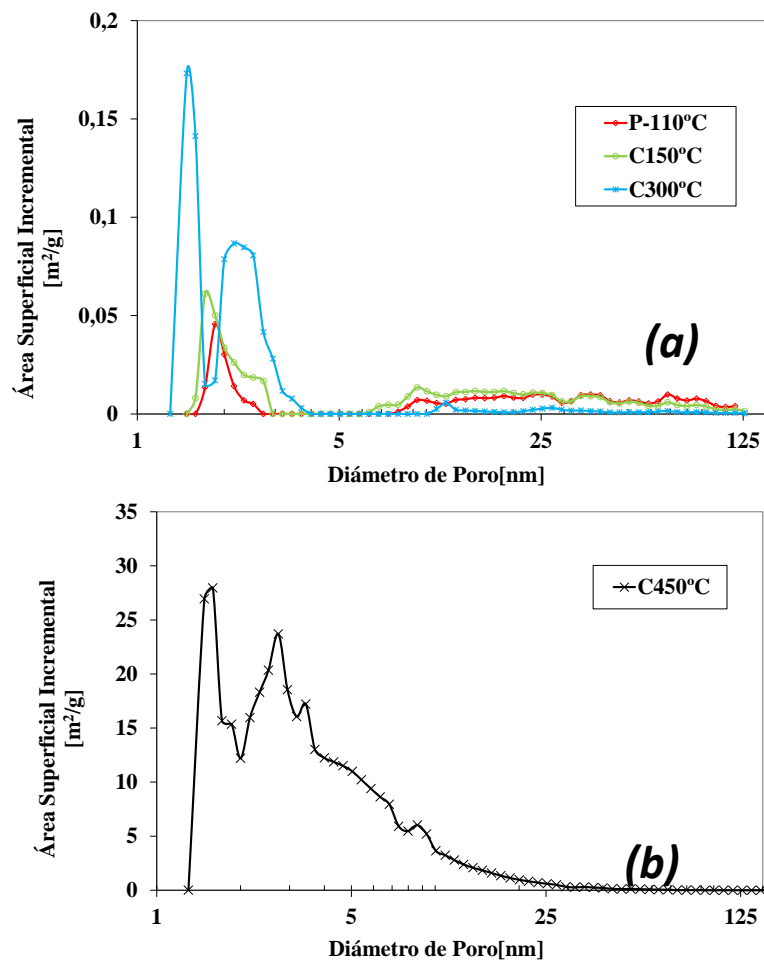
En la Figura 2(a) se ilustran el área superficial acumulada en función del diámetro de poro para las muestras P-110°C, C150°C y C300°C y en la Figura 2(b) para la muestra de carbón activado C450°C.



**FIGURA 2:** (a) Área superficial acumulada en función del diámetro de poro para las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada (P-110°C, C150°C y C300°C) y (b) Ídem para la muestra de carbón activado C450°C.

Para las muestras P-110°C y C150°C se puede apreciar la débil contribución de poros pequeños a la conformación de la superficie específica. Se puede decir que en la etapa de pretratamiento y a temperaturas inferiores a 150°C no se aprecia un desarrollo de la matriz porosa. En cambio, para la muestra preparada a 300°C se manifiesta una importante contribución al área desarrollada por parte de los poros inferiores a 3 nm. Sin embargo, hay que resaltar que ésta muestra presenta un escaso desarrollo de la estructura porosa, como se ha manifestado anteriormente. En la Figura 2(b) la muestra C450°C presenta un comportamiento marcadamente diferente a las muestras anteriores. En la misma, se puede observar el aporte significativo de la estructura de poros que se ha formado, a la conformación de una elevada superficie específica. Especialmente, contribuyen los poros comprendidos entre 1,5 nm y 10 nm. A la temperatura de carbonización de 450°C se favorecería el desarrollo de estructuras mesoporosas. El tratamiento térmico a altas temperaturas provoca la contracción de la estructura, que comenzaría a temperaturas próximas a los 450°C. Esta contracción se debería, principalmente, a la disminución de la microporosidad (Solum et al., 1995).

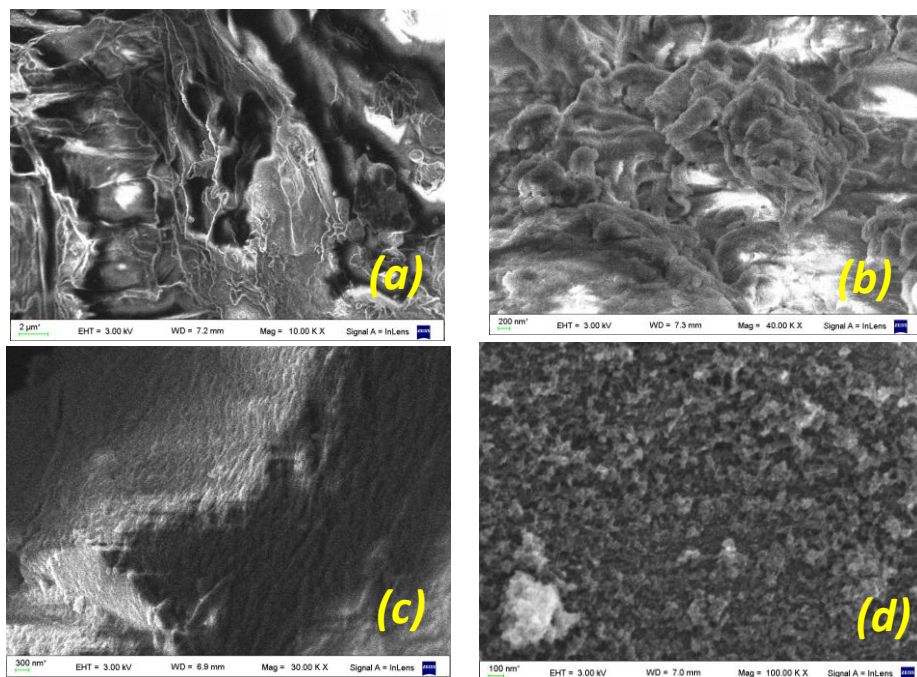
En la Figura 3(a) se muestra el incremento del área superficial en función del diámetro de poros (Distribución de porosidad calculada a partir de DFT Original) para las muestras P-110°C, C150°C y C300°C y la Figura 3(b) para la muestra de carbón activado C450°C.



**FIGURA 3:** (a) Área superficial incrementada en función del diámetro de poros (Distribución de porosidad calculada a partir de Original DFT) para las muestras P-110°C, C150°C y C300°C y (b) Ídem para la muestra C450°C.

La muestra P-110°C revela la presencia de dos zonas; una formada por microporos en el entorno de 2nm y otra más heterogénea de mesoporos y macroporos. Un comportamiento similar ocurre con la muestra C150°C, donde se aprecia un desarrollo más pronunciado que la muestra anterior de poros pequeños en el intervalo de 1,5 a 3 nm. La muestra C300°C muestra un crecimiento del desarrollo de microporos en el rango comprendido entre 1,5 y 2 nm. También, se observa un importante desarrollo de poros pequeños comprendidos entre 2 y 4nm. Por otra parte, esta muestra evidencia un aporte claramente inferior en los poros de mayor tamaño. Por último, para la muestra de carbón activado, C450°C, el desarrollo de microporos y mesoporos es muy significativo como se observa en la Figura 3(b). Se pueden destacar dos regiones; una entre 1,5 - 2nm y otra más dispersa en el entorno de los 3nm.

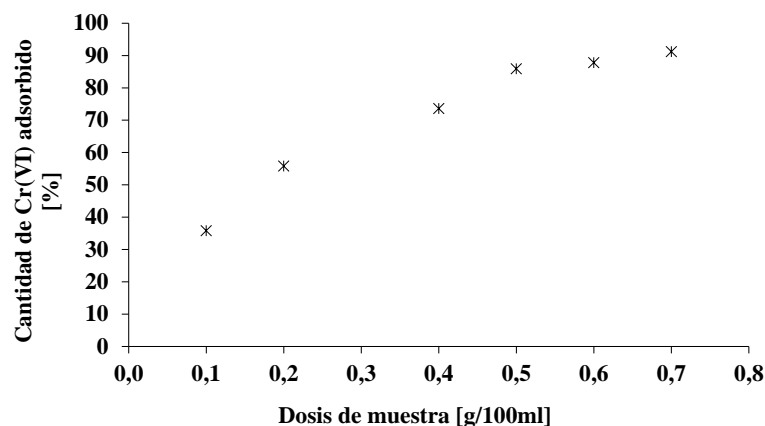
Las fotografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) para las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada P-110°C, C150°C y C300°C y para el carbón activado C450°C se muestran en la Figura 4.



**FIGURA 4:** (a) Micrografías SEM para las muestras desarrolladas a partir de cáscara de maní en atmósfera autogenerada (P-110°C, C150°C y C300°C) y (b) Ídem para la muestra C450°C.

Las micrografía obtenidas para la muestra P-110 y C150°C permiten apreciar la estructura original del precursor natural. Se observa, todavía, la estructura celulósica correspondiente a las fibras vegetales, fundamentalmente, para la muestra que sólo recibió el pretratamiento a 110°C. Las características morfológicas detectadas para estas muestras sugieren, que los cambios que se producen estarían vinculados con cambios químicos en la estructura. Los efectos primarios del ataque del ácido son la hidrólisis de los enlaces glicosídicos de las moléculas de polisacáridos y el clivaje de los enlaces aril – éter de la lignina. Estas reacciones son acompañadas por transformaciones químicas que incluyen la deshidratación, degradación y condensación, conduciendo a la reducción del peso molecular, principalmente, de la hemicelulosa y la lignina (Lai, 1991). La imagen correspondiente a la muestra C300°C permite percibir ciertas alteraciones estructurales, mostrando diferencias en las características morfológicas que dependen de la temperatura de carbonización empleada. En la misma, no se reconoce la estructura original del precursor y ésta situación se acentúa cuando se eleva la temperatura de carbonización a 450°C. En la micrografía de la muestra C450°C se puede apreciar el pronunciado desarrollo de la estructura de la matriz porosa en clara concordancia con los resultados presentados anteriormente.

Con el fin de evaluar la performance del carbón activado, C450°C, en la Figura 5, se presentan los resultado obtenidos en experiencias de adsorción de Cr(VI). En la misma, se estudia el efecto de la dosis de carbón activado sobre la remoción del contaminante a partir de soluciones de concentración inicial de 50 ppm.



**FIGURA 5:** Efecto de la dosis de adsorbente sobre la remoción de Cr(VI) en el equilibrio, empleando la muestra C450°C. Condiciones experimentales:  $C_0=50$  mg/L; pH=6;  $t=24$  h;  $T=28^\circ\text{C}$ .

En la misma, puede apreciarse que para una concentración inicial de adsorbato preestablecida, el incremento de la dosis de adsorbente utilizada favorece la adsorción, proporcionando una mayor disponibilidad de sitios específicos para la captura del contaminante. La adsorción de Cr(VI) excede el 90 %, para dosis de adsorbente de 0.6 g/ 100 ml. Ensayos adicionales con soluciones de concentración inicial de 20 ppm mostraron que para la misma dosis de adsorbente la remoción fue superior al 99%.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que a temperaturas inferiores a  $150^\circ\text{C}$ , no se produce el desarrollo de la matriz porosa. Además, la estructura microporosa comenzaría a desarrollarse muy levemente a  $300^\circ\text{C}$ . Para la muestra preparada a una temperatura de carbonización de  $450^\circ\text{C}$ , se observó el desarrollo pronunciado de la porosidad, tanto micro como mesoporos. Los mesoporos se desarrollarían, en parte, a costa de una disminución de la microporosidad. Las experiencias de adsorción de Cr(VI) muestran que el carbón activado desarrollado a  $450^\circ\text{C}$  presentó un excelente desempeño. La remoción de Cr(VI) excede el 90 % para bajas dosis de adsorbente, cuando se ensayaron soluciones acuosas modelo de concentraciones de 20 y 50 ppm de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

#### 5. Bibliografía

- Jagtoyen, M.; Derbyshire F. (1998). Activated carbons from yellow poplar and white oak by  $\text{H}_3\text{PO}_4$  activation. Carbon, 36(7-8), 1085-1097.
- Landers J.; Gor G.; Neimark A. V. (2013). Density functional theory methods for characterization of porous materials. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 437: 3– 32.
- Lai Y.Z. (1991). Wood and Cellulosic Chemistry, Vol. 10. cd. D.N.S. Hon and N. Shirashi Ed. Marcel Dekker, New York, 455.
- Marsh H., Rodriguez-Reinoso F. (2006). Activated Carbon. Elsevier. Amsterdam.
- Patrick, J. W. (1995). Porosity in Carbons: Characterization and Applications. J. Wiley and Sons Inc.: London.
- Solum, M.S.; Pugmire, R.J.; Jagtoyen, M.; Derbyshire, F. (1995). Evolution of carbon structure in chemically activated wood. Carbon, 33(9): 1247-1254.

# **33TCAm - PROPUESTA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS DEL RIO MENDOZA PARA LA CONSTRUCCIÓN NATURAL DE VIVIENDAS CON TECNOLOGIA DE QUINCHA.**

**CUITIÑO, G<sup>1</sup>; ESTEVES, A<sup>1</sup>; NAJAR, L<sup>2</sup>.**

**1. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda – INCIHUSA – CCT – Mendoza - CONICET. Av. Ruiz Leal s/n. [gcuertino@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:gcuertino@mendoza-conicet.gov.ar)**

**[aesteves@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:aesteves@mendoza-conicet.gov.ar)**

**2. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375. [lnajar@fcai.uncu.edu.ar](mailto:lnajar@fcai.uncu.edu.ar)**

## **Resumen**

En el presente trabajo se expone la posibilidad de emplear la construcción natural con quincha para mejorar la calidad de vida de las familias que viven en los departamentos de Luján de Cuyo y del Gran Mendoza, haciendo uso de los sedimentos arcillosos depositados en el vaso del embalse de Potrerillos. El déficit habitacional en Mendoza es de 49 mil hogares que no tienen una vivienda en condiciones de ser habitadas, produciendo que haya hacinamiento habitacional, las construcciones con la tecnología de quincha prefabricada, puede ayudar a reducir este número. En una primera instancia se extrajo una muestra de suelo y se lo clasificó como CL-ML, arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, y el ensayo de sedimentación mostro que está conformada por un 2,30% de arena, 67,60% de limo y 30,10% de arcilla. La tecnología de quincha prefabricada, tiene beneficios tanto para los habitantes de la vivienda como para el ambiente, debido a que con un espesor de 0,10m, térmicamente, la quincha presenta un comportamiento similar al de un muro de 0,20m de espesor de ladrillo revocado, adaptándose a las condiciones climáticas de la zona.

## **1. Introducción**

### **1.1. Situación habitacional.**

Actualmente, los que viven en alojamientos precarios y los desalojados, son cada vez más numerosos tanto en el campo como en las ciudades del mundo. Se calcula que hay 100 millones de personas sin techo y más de un billón tienen alojamientos precarios (Golay et al, 2007).

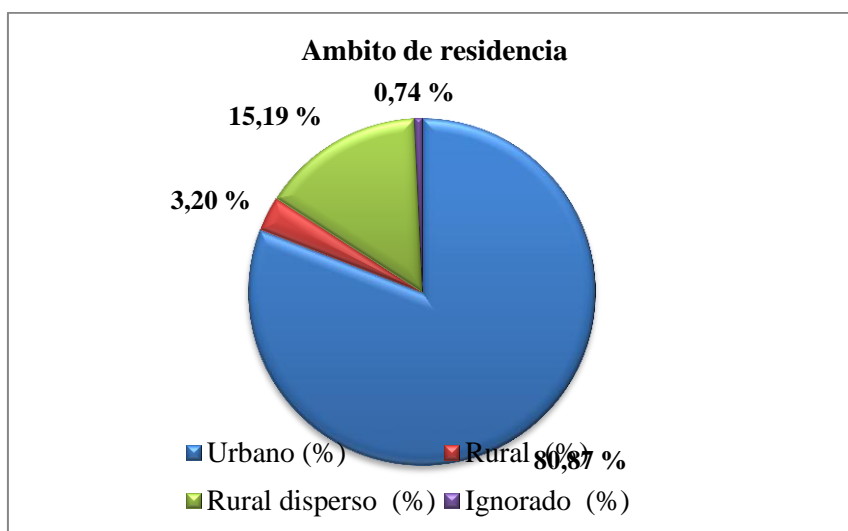
Argentina presenta un alto porcentaje de áreas bioclimáticas áridas, especialmente en el Centro-Oeste, donde existen muchas comunidades rurales, que necesitan nuevas viviendas o en su defecto la reparación de las actuales, la cuales en su mayoría, son viviendas de emergencia, hechas con polietileno y chapas, poniendo en riesgo la salud y vida de quienes las habitan.

De acuerdo a los datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, durante el censo 2010, se determinó que en la provincia de Mendoza, la cantidad de hogares superan a las viviendas, este excedente es calculado en 35 mil hogares más que viviendas, donde la definición de hogar corresponde a un grupo familiar, lo que implica que hay más de un grupo familiar habitando en una misma casa. De la misma forma, unas 14 mil familias residen en ranchos, casillas, locales no construidos para habitación



o piezas en inquilinato, que vendrían a engrosar la demanda habitacional. Esto significa que existen casi 49 mil hogares no tienen una vivienda en condiciones de ser habitadas o que deben compartirla, produciendo en la mayoría de los casos el hacinamiento habitacional.

Estos casos, al igual que en todo el país, se corresponde en su mayoría a la situación habitacional vivida en los sectores rurales y rururbanos, que son donde se tienen menos accesos a los servicios y beneficios. En la Figura 1, se puede apreciar que del total de la población mendocina (1.738.929), el 19,13% corresponde a la población rural, rural disperso e ignorado.



**FIGURA 1:** Porcentajes de población según el lugar de residencia.

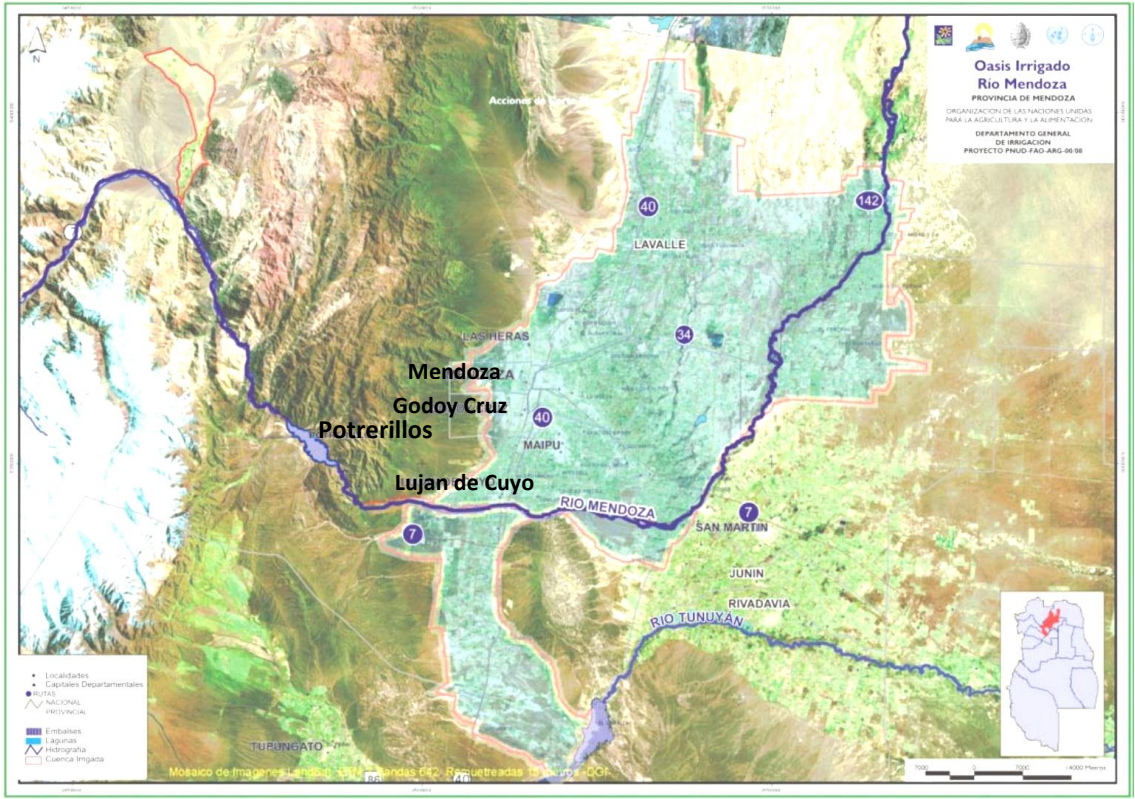
Al momento de evaluar la problemática habitacional se debe considerar el “déficit cuantitativo”, el mismo consiste en estimar la cantidad de viviendas que se deben construir o adicionar al parque existente, para que exista una relación uno a uno entre viviendas adecuadas y hogares que necesitan alojamiento. (Szalachman, 2000). En Mendoza se puede apreciar, a partir del censo 2010, que el déficit de viviendas irrecuperables es de 16.933, unidades que representa el 3,14% del total de viviendas existentes en la provincia de Mendoza, porcentaje que puede ser tratado desde las tecnologías alternativas, (Capello et al, 2011).

Actualmente, en diferentes lugares del país ha empezado a resurgir la construcción natural, como una opción habitacional, en muchos casos por necesidad y en otros por el deseo de vivir en un ambiente que esté más en armonía con la naturaleza. Una de las tecnologías naturales mixtas, es la construcción de quinchas prefabricadas, la cual consiste en una estructura principal de madera y cerramientos verticales de caña y barro.

## 1.2. Sedimentos del Río Mendoza.

La cuenca del Río Mendoza se ubica en el extremo noroeste de la provincia de Mendoza, y tiene su desembocadura en el dique Potrerillos, Figura 2, este último presenta una capacidad de 450 hm<sup>3</sup> y es un regulador estacional que, al almacenar excesos estivales, permite suplir el déficit primaveral de la demanda agrícola y, además, posibilita la generación de energía. El Río Mendoza, transporta una importante cantidad

de sólidos en suspensión, lo cuales son retenidos por el vaso del embalse y sedimentan, los sólidos en cuestión pueden ser observados en la Figura 3.



**FIGURA 2:** Traza del río Mendoza y oasis irrigado. *Fuente:* Manifestación General de Impacto Ambiental: Infraestructura y Equipamiento para el Perilago de Potrerillos, 2012.

Durante la década del 60, se pudo determinar cuáles eran las composiciones principales de los sólidos en aún en suspensión que transporta el río Mendoza, Tabla 1, siendo que hay un marcado predominio de arenas, y en menor proporción de limos y arcillas, siendo la arena la primera en decantar y haciendo que las arcillas y limos sedimenten mas adelante en el curso del río.

**TABLA 1:** Composición granulométrica de los sólidos en suspensión del río Mendoza.

Diámetro del material	Designación	% Sedimento
Hasta 5 micrones	Arcillas	8
De 5 a 50 micrones	Limo	32
De 50 a 2mm	Arena	60

De acuerdo al trabajo realizado por el Ing. Agr. Juan Gustavo Satlari, “sobre el Río Mendoza, se estima que, para un derrame de agua medio anual de 1.551 hm<sup>3</sup>, serían 5.519.877 las toneladas de gasto sólido anual, las que con un peso específico aparente de 1,2 t/m<sup>3</sup>, y un volumen específico aparente de 0,833 m<sup>3</sup>/t serían 4,6 hm<sup>3</sup>/año de sedimentos depositados que causarían la reducción del volumen de almacenamiento del dique” (Satlari, 2011). El depósito de los sólidos en suspensión en el vaso del embalse,

es observable a simple vista. En el sector de ingreso del embalse se observa el depósito de sedimentos que deja el flujo del río Mendoza, y también se observa el abrupto cambio de color marrón a transparente del agua que ingresa al embalse, Figura 3.



**FIGURA 3:** Cola de Embalse Potrerillos: Sedimentación de sólidos en suspensión (Satlari, 2011).

## **2. Objetivo**

Los sedimentos finos depositados por el Río Mendoza, presentan características arcillosas, y debido a la importante acumulación, estos suelos pueden ser empleados para la construcción natural de viviendas para las familias que habitan en zonas rurales cercanas al embalse, como es el caso de los departamentos de Lujan de Cuyo y el gran Mendoza.

## **3. Propuesta de proyecto**

En el caso de grandes emprendimientos, como puede ser a nivel comunidad o barrio, para hacer uso de los sedimentos depositados por el río, es necesario poder contar con la colaboración de algunos Entes gubernamentales, para realizar la extracción y el traslado del material sólido, hasta la zona en la cual será empleado, que en este caso son las zonas rurales del gran Mendoza y Luján de Cuyo. Los Entes encargados de la Administración del Perilago de Potrerillos, son representantes de la Municipalidad de Luján de Cuyo, la Municipalidad de Las Heras, el Departamento General de Irrigación y las Asociaciones de Inspecciones de Cauce del Río Mendoza, todos ellos en conjunto con la Municipalidad de Mendoza, podrán lograr la obtención y traslado del material sólido extraído. Sin embargo en el caso de emprendimientos individuales, la extracción del material no requiere de intermediarios, debido a que las cantidades de tierra requeridas son menores y las mismas pueden ser trasladadas en vehículos particulares.

Una variable dentro de la construcción natural, son las construcciones con quincha prefabricada, un sistema muy empleado en la zona rural, por su fácil y rápida construcción y el empleo de materiales naturales, como es la caña de Castilla, la paja, la arcilla y arena. Otra característica de la quincha prefabricada, es que su estructura resistente está conformada por palos rollizos y los muros del cerramiento son prefabricados con las cañas en su interior y luego se rellenan los muros con el barro



para conformar la vivienda. En la Figura 4 se observa un recinto construido con esta técnica.

Otro factor importante al momento de construir con la tecnología de quincha, es la proporción entre el suelo extraído – arena – paja, ya que cada uno tiene un objetivo específico, el suelo extraído rico en arcilla es el que otorga cohesión a la mezcla, dado que un suelo rico en arcilla no puede ser empleado solo porque es inestable con grandes retracciones durante el secado, es necesario adicionar arena, que le otorga estructura a la mezcla de barro y evita que haya una retracción excesiva. Finalmente, para tener un mejor control frente a las retracciones durante el secado, se agregan fibras, como puede ser paja de trigo o de alguna otra gramínea.

De acuerdo a Hays, para los rellenos con entramados, como es el caso de las construcciones de quincha, la proporción más conocida es de 50 % arena, 30 % limo y 20 % arcilla, a esta mezcla luego se la dosifica con fibras vegetales. La proporción de fibras incorporada tradicionalmente en el barro del relleno varía entre 2 % y 3 % en peso, lo que representa un volumen de 15 % hasta 20 % de la mezcla de barro (Hays et al; 2003).



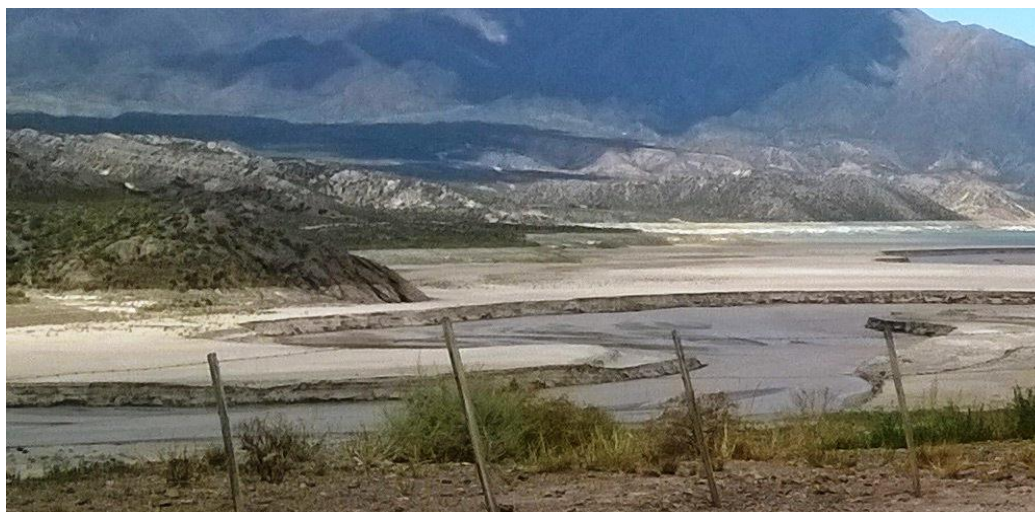
**FIGURA 4:** Ambiente construido con quincha. a) En etapa constructiva. b) Ambiente terminado.

En trabajos publicados sobre el tema de la construcción con quincha, (Cuitiño et al, 2012), se muestra una serie de ensayos a realizar en los suelos para que sean aptos para la construcción con quincha. Un ensayo primordial es el de clasificación de suelos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Terzaghi, et al; 1973). En base a esto, para corroborar que los sedimentos depositados anualmente por el Río, son aptos para la construcción con quincha, en la zona de mayor acumulación como se observa en la Figura 5, se extrajo con pala y en forma aleatoria una muestra de suelo. En el Laboratorio de Suelos de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, por medio de ensayos normalizados según Norma IRAM 10501 y Norma IRAM 10502, se determinó que el límite líquido (LL) es 30%, el límite plástico (LP) es 23% y el índice de plasticidad ( $IP = LL - LP$ ) es 7%. Con estos datos se ingresó en la carta de plasticidad y se obtuvo que el suelo corresponde al grupo CL-ML, descriptas

como arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, lo cual lo hace apto para ser empleado en la construcción natural.

Asimismo, del suelo extraído, se envió una muestra al Laboratorio de Fitoquímica del Centro Científico y Tecnológico de Mendoza, y a partir del ensayo de sedimentación se obtuvo que el suelo está conformado por un 2,30% de arena, 67,60% de limo y 30,10% de arcilla, confirmando la conformación de un sedimento arcilloso, sin embargo, esta muestra sólo representa una porción del sedimento acumulado en un sector del Río, a futuro se pretende tomar más muestras de suelo para corroborar la aptitud de todo el sedimento acumulado.

El próximo paso a seguir es obtener una mezcla de barro óptima con el agregado de arena y de paja, para que tenga una buena cohesión y no se produzcan grietas de retracción durante el secado del barro. Para ello se pretende armar probetas de suelo de 4cm de ancho y alto y 16cm de largo, y medir la retracción lineal, si el valor es mayor al 5%, será necesario aumentar el porcentaje de arena y de paja, y ensayarlo nuevamente, hasta que la retracción sea menor al 1%, lo que indicaría una mínima fisuración del barro durante el secado.



**FIGURA 5:** Sólidos depositados por el Río Mendoza.

#### **4. Ventajas de las construcciones con quincha.**

El beneficio de este sistema constructivo con quincha, radica en que se han realizado estudios completos sobre el comportamiento térmico en muros de quincha (60cm x 60cm x 10cm), por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y se observó que los cerramientos verticales de quincha son térmicamente similares a las de ladrillo, es decir, los muros construidos con quincha, resultan equivalentes a los muros de ladrillo de 0.18 m de espesor.

Así mismo, se evaluó la aptitud estructural de los cerramientos (Cuitiño et al, 2013). Para ello se armaron paneles de quincha prefabricada y se ensayaron mecánicamente, los ensayos fueron: choque blando (según Norma IRAM 11.596/07), carga de compresión (según Norma IRAM 11.588/72) y carga de corte (según Norma IRAM 11.598/97). Para los ensayos, se construyeron doce paneles de 1.20 m x 1.80 m x 0.10 m, que responden a una habitación modulada de 2.80 m x 2.80 m, con la ayuda de columnas de rollizos de aproximadamente 0.20 m de diámetro, y a la altura de 1,80m

del panel se suma el zócalo de ladrillo o piedra que debe ir por debajo para alcanzar los 2,40 m, Figura 4. Los resultados obtenidos del ensayo de choque blando permiten aseverar que los paneles de quincha han pasado con éxito el ensayo. El comportamiento de los muros de quincha a la compresión y corte, presenta valores intermedios entre los muros de ladrillos y los muros de adobe. Sin embargo, dado que la quincha presenta mejor resistencia a la compresión, respecto del adobe, se recomienda que en los sectores de bajos recursos económicos, el uso del entramado de caña en los muros para una mayor resistencia estructural, que es el caso de la quincha prefabricada.

## **5. Conclusiones**

Actualmente en Mendoza, existe un déficit habitacional de 49 mil hogares que no tienen una vivienda en condiciones de ser habitadas, produciendo que haya hacinamiento habitacional, Siendo que muchos de estos hogares viven en las zonas rurales o rur-urbanas. Las construcciones con la tecnología de quincha prefabricada, puede ayudar a reducir el déficit existente y a mejorar la calidad de vida de muchas familias.

En el caso de las áreas rurales del gran Mendoza y de Luján de Cuyo, se pueden emplear los sedimentos depositados por el Río Mendoza en el vaso del embalse Potrerillos. De esta forma se tiene el beneficio de extraer los sedimentos que bloquean el paso del agua del río y darles un uso en la construcción natural, ya que los estudios de suelo lo clasifican como apto para tal fin.

## **6. Bibliografía**

Capello, M. y Galassi, G. (2011). Problemas habitacionales e inversión en viviendas sociales en Argentina. Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana (IERAL) de Fundación Mediterránea.

Cuitiño G; Esteves A; Maldonado G, Rotondaro R. (2010). Análisis y reflexiones sobre el comportamiento higrotérmico de construcciones con quincha. Estudio del caso de un taller experimental en Mendoza. Revista ÁREA. 0328-1337.

Cuitiño G; Esteves A; Hernández A. (2012). Proceso de evaluación de un sistema constructivo. Caso de la quincha. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (Vol. 16. Argentina. ISSN 0329-5184). 37 – 41.

Cuitiño G; Esteves A; Maldonado G, Rotondaro R. (2013). Comportamiento mecánico de muros prefabricados de quincha – INCIHUSA-CONICET-Mendoza. Publicado en <http://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/biblioteca.php>

Golay, C. y Özden, M. (2007). El derecho a la vivienda. Un derecho humano fundamental estipulado por la ONU y reconocido por tratados regionales y por numerosas constituciones nacionales. Colección del Programa Derechos Humanos del Centro Europa – Tercer Mundo (CETIM).

Hays, A.; Matuk, S. (2003). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. Proyecto XIV.6. HABYTED Subprograma XIV – Tecnología para Viviendas de Interés Social.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). <http://www.censo2010.indec.gov.ar>

Norma IRAM 10.501. (1968). Métodos de determinación del límite líquido y del índice de fluidez.

Norma IRAM 10.502. (1968). Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad

Satlari, J. (2011). Infiltración y erosión: sus efectos sobre la red de canales a partir de la regulación del río Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pag. 19.

Szalachman, R. (2000). Perfil de déficit y políticas de vivienda de interés social: Situación de algunos países de la región en los noventa. Publicación de las Naciones Unidas. ISBN: 92-1-321641-6.

Terzaghi, K.; Peck, R. (1973). Soil mechanics e Engineering practice. Editorial El Ateneo. Traducido por Moretto, Oreste. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica.

## **34TCAm - PRIMER RELEVAMIENTO DE NIVELES SONOROS URBANOS EN EL MICROCENTRO DE POSADAS, MISIONES**

**TRAID, H.; MORINISI, R.; PUCHALSKI, C; BASALDÚA, C; JEJER, C.**

**Programa de Efluentes Industriales y Urbanos. Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 -  
(3300) Posadas, Misiones. Argentina  
E-mail: [traidhernan@gmail.com](mailto:traidhernan@gmail.com)**

### **Resumen**

El aumento demográfico produce un incremento de los niveles sonoros urbanos, que pueden derivar en la alteración de nuestras actividades diarias, con la consecuente merma en la calidad de vida. Esto llevó al desarrollo de un marco normativo específico y estudios de niveles sonoros urbanos alrededor del mundo. La ciudad de Posadas cuenta con una Ordenanza Municipal referida a la contaminación acústica, sin embargo no existen estudios sistemáticos de los niveles sonoros existentes en la ciudad, hecho que motivó a la realización del presente trabajo.

Se realizó el relevamiento de los niveles sonoros del microcentro de la ciudad de Posadas mediante mediciones exploratorias de 24 horas, en banda octavas 1/1, y ponderación A, registrando un dato como nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ) en dB(A) cada 30 segundos. El instrumento se ubicó a 4 metros de altura, 2 metros de la calle y a mitad de cuadra, en 15 puntos distribuidos representativamente en el área de estudio, correspondiéndose con zonas tipo comercial, cuyos límites máximos para cada franja horaria son: descanso 45 dB(A), actividad 60 dB(A).

Se graficaron los perfiles diarios pudiendo apreciar ciertas dinámicas: horarios de inicio y finalización de actividades, receso vespertino y eventos puntuales.

Se observó que en todos los puntos los promedios de  $L_{eq}$  en ambas franjas horarias superan los límites establecidos en la normativa, con excesos incluso superiores a 10 dB(A) y que al menos el 50% de los datos individuales presentan exceso. Además, el menor de los valores máximos fue de 83 dB(A), lo que pone de manifiesto los elevados valores de niveles sonoros que son alcanzados ocasionalmente.

Comparando los valores  $L_{eq}$  promedio, se observó que las calles por donde circula el transporte público tienen niveles sonoros significativamente más elevados que las otras por las que no lo hacen ( $p$ -valor=0,0105). Por otra parte, se halló una correlación positiva y moderada ( $r=0,71$ ) entre franjas horarias. Esto significa que en aquellos puntos donde durante el horario de actividad se tienen valores elevados de nivel sonoro, se tendrán también valores relativamente más elevados durante el horario de descanso.

Se ha logrado identificar intervalos horarios más reducidos en los cuales es posible realizar mediciones de corto tiempo (15 minutos) cuyo nivel sonoro equivalentes tiene un desvío menor a 2 dB(A) respecto de los obtenidos para 24hs. Esto es de suma importancia ya que permitirá la obtención de datos representativos con un menor consumo de recursos en etapas posteriores.



## **1. Introducción**

El ruido es un sonido percibido como desagradable (RAE, 2013), que puede alterar nuestras actividades diarias, dificultar la comunicación, generando molestias y trastornos del sueño, además de una precoz pérdida de audición (GCBA, 2008). En el ámbito urbano, las fuentes principales de ruido corresponden al tránsito (motos, autos, ómnibus, trenes, aviones, etc.), obras públicas y privadas, y aquellas resultantes de nuestras actividades (OMS, 1999). Por lo dicho, como consecuencia directa no deseada del aumento en nuestras actividades en las ciudades, se tendrá un aumento de los niveles sonoros existentes (Ayuntamiento de Madrid, 2013). La merma en la calidad de vida producida por el incremento en los niveles sonoros, conjuntamente con el aumento demográfico, llevaron al desarrollo de un marco normativo específico, tanto en materia técnica como jurídica, y estudios del ruido urbano de diverso abordaje y complejidad en muchas ciudades del mundo (Cabezas, 2005; Melo B. y Alves C., 2005; Tsai et al., 2009; Law et al., 2011; Zannin y de Sant'Ana, 2011; Lam y Ma, 2012; Viro et al., 2002; David y Vasquez, 2000; Miyara, 1995).

En el ámbito local, el departamento capital de la provincia de Misiones, que tiene como área metropolitana a la ciudad de Posadas, ha tenido un incremento poblacional del 14,24 % en el último decenio (IPEC, 2011). Frente a esta dinámica, con el objeto de prevenir, vigilar y reducir la contaminación sonora, se aprobó en la ciudad de Posadas la Ordenanza Municipal N° 624/00, la cual faculta al organismo de aplicación a la realización de mediciones, adopción de medidas correctivas y aplicación de multas por el incumplimiento de dicha normativa. Además fija límites de niveles sonoros para 4 tipos de zonas: sanitaria-educativa, residencial, comercial e industrial, las cuales se encuentran definidas en el Código de Planeamiento Urbano de la Ciudad, estableciendo además horarios de descanso y actividad, siendo en días hábiles los horarios de descanso de 13 a 15 h y de 22 a 6 h, los restantes corresponden a horarios de actividad.

Si bien en la ciudad de Posadas se viene trabajando desde hace varios años en mejoras ambientales, en particular las referidas a la gestión integral del agua y de los residuos (Municipalidad de Posadas, 2014), la gestión de la contaminación sonora se ha mantenido relegada en términos comparativos. Como resultado de esto, la revisión de antecedentes puso en evidencia la ausencia de estudios sistemáticos de los niveles sonoros existentes en la ciudad, hallándose principalmente datos aislados correspondientes a aquellos obtenidos por oficiales municipales durante inspecciones frente a denuncia de vecinos por ruidos molestos (Municipalidad de Posadas, 2012).

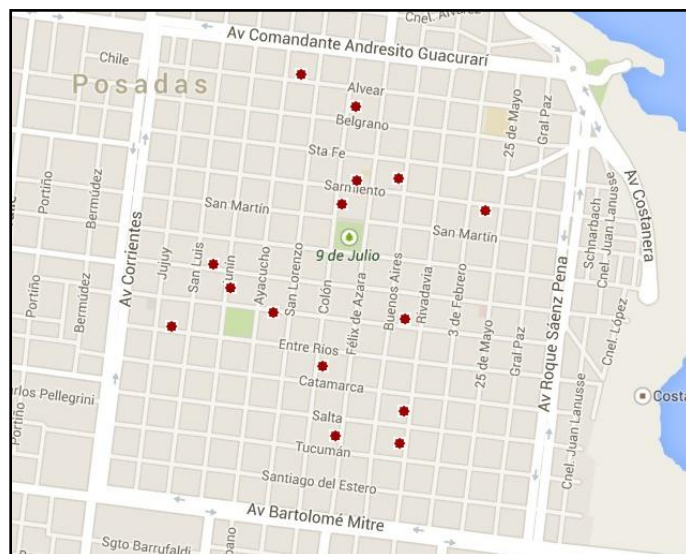
## **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo fue evaluar, preliminarmente, mediante la realización de mediciones exploratorias, los niveles sonoros existentes en el microcentro de la ciudad de Posadas y cotejar los resultados con la normativa local vigente

## **3. Metodología**

A fin de abordar la problemática, en una primera etapa, se seleccionó como área de estudio el microcentro del núcleo urbano de la ciudad de Posadas, región comprendida entre las avenidas Andrés Guagurary, Corrientes, Mitre y Roque Sáenz Peña, con una superficie aproximada de 2km<sup>2</sup>. La zona fue seleccionada bajo la presunción que, dada

sus características y como indican estudios realizados en centros urbanos de otras ciudades, podría ser aquella que presente los niveles más elevados.



**FIGURA 1.** Área de estudio y puntos de medición. Fuente: maps.google.com

Para realizar las mediciones, se dispuso de un decibelímetro TES, Modelo 1358, con analizador de banda octavas 1/1 y 1/3 y con extensión de micrófono de 5 metros; calibrado con un equipo TES, Modelo 1356, siendo el correspondiente al decibelímetro empleado, con servicio de calibrado anual.

Se realizaron mediciones exploratorias de 24 horas de duración en días hábiles, utilizando ponderación A la cual representa mejor la percepción del sonido por el ser humano, con banda de octavas 1/1 y respuesta rápida. Se adquirió un dato integrado cada 30 segundos, registrándolo como nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ) en dB(A).

El instrumento se ubicó a 4 metros del suelo, a 2 metros de la calle (medidos horizontalmente) y a 50 m, equidistante entre bocacalles (mitad de cuadra), obteniendo valores de 15 puntos distribuidos con la mayor representatividad posible dentro del área de estudio, bajo consideraciones de disponibilidad de lugar para la instalación del equipamiento y aquellas propias de la preservación del mismo, tanto por inclemencias climáticas como de vandalismo.

Otras variables son inherentes al área estudiada y no permiten ser controladas: condiciones meteorológicas, tráfico, horario de ingreso y salida de alumnos de establecimientos educativos, reparación de calzadas próximas al punto de medición y conductas en la conducción vehicular, entre muchas otras; para los cuales se consideró su influencia durante el análisis de los resultados.

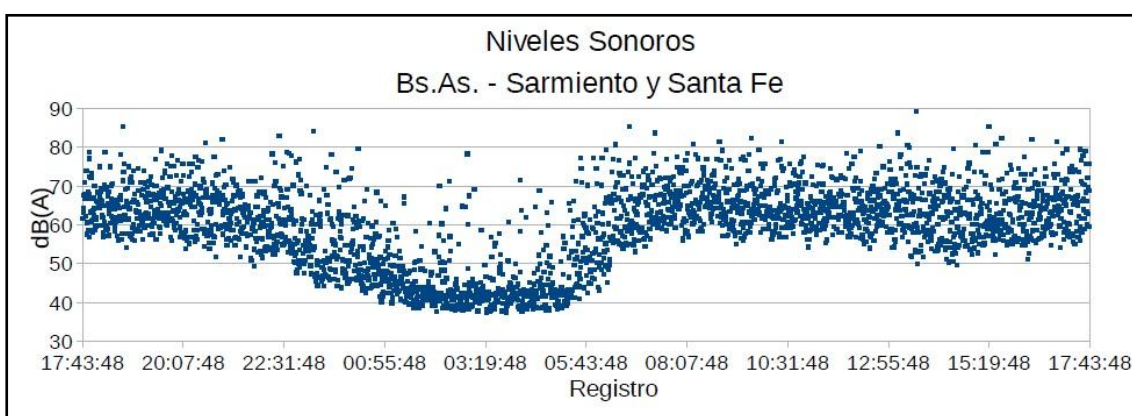
Los datos obtenidos fueron descargados a una PC con una interfaz específica del equipo y analizados utilizando planilla de cálculo y programa estadístico.

Se analizaron los siguientes aspectos: patrones de comportamiento, niveles sonoros equivalente diario y promedios por franja horaria, comparación de los valores obtenidos con los valores límites establecidos en la normativa y acciones por parte del organismo

de aplicación, influencia del transporte público de pasajeros y correlación entre niveles sonoros promedio en horarios de descanso y actividad.

#### 4. Resultados

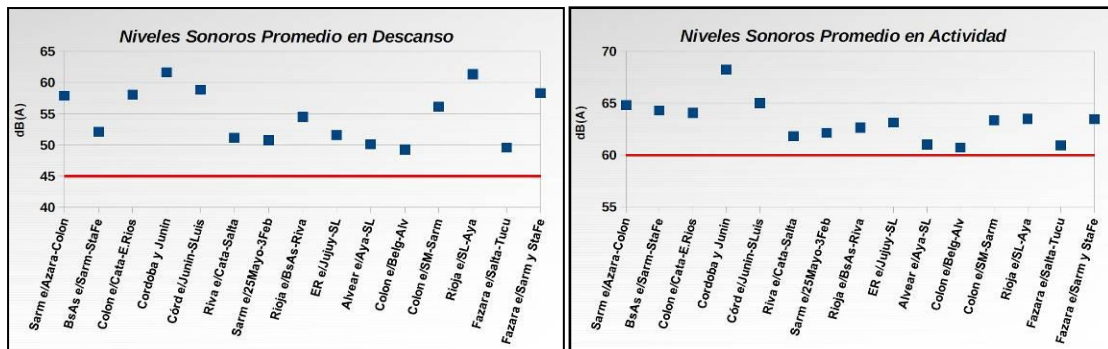
En primera instancia, a través de los perfiles diarios, se logró una caracterización básica del ruido urbano en cada uno de los puntos de medición y fue posible apreciar algunas características propias de la dinámica de la población: los niveles sonoros durante el horario de descanso vespertino, de 13 a 15 horas, presenta descensos en la mayoría de los puntos; en términos generales los niveles sonoros descienden a partir de las 23 horas y; exceptuando algunos valores aislados elevados, los valores vuelven a incrementarse a partir de las 6 horas.



**FIGURA 2.** Perfil diario

Luego, considerando la ubicación de los puntos de medición y el código de planeamiento urbano de la ciudad de Posadas (según indica la norma), se determinó que todas las mediciones fueron realizadas en zonas tipo comercial, por lo que aplican los siguientes límites máximos para niveles sonoros: horarios de descanso 45 dB(A) y de actividad 60 dB(A). Vale mencionar que la zonificación del código al que refiere la normativa es un tanto somera, ya que próximo a algunos de los puntos donde se realizaron las mediciones existen instituciones sanitarias y/o educativas, cuestión que no se ve reflejada en la zonificación y que implicaría niveles sonoros límites menores (40 y 45 respectivamente).

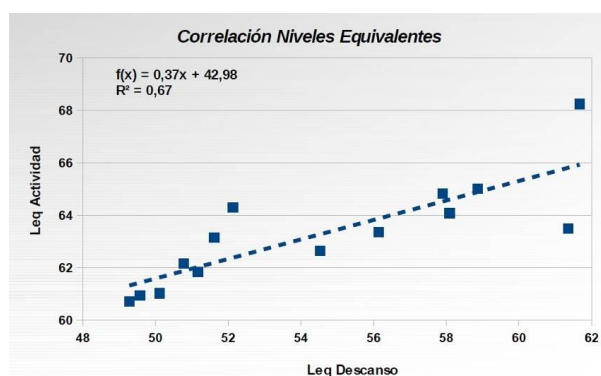
Cotejando los resultados obtenidos con los límites normativos, se observó que en todos los casos los valores promedio de  $L_{eq}$  en cada una de las franjas horarias supera los límites establecidos, siendo el horario de descanso en el que se presentan los mayores excesos, inclusive superiores a 10 dB(A). Además, en todos los casos y en ambas franjas horarias al menos el 50% de los datos registrados en cada punto superan los valores límites, con excesos de hasta el 100% de los datos.



**FIGURA 3.** Excesos respecto a la normativa

Según establece la normativa, en aquellos lugares donde el  $L_{eq}$  diario supere los 70 dB(A), producto del tránsito vehicular, el organismo de control deberá llevar adelante “monitoreos frecuentes y acciones preventivas”, mientras que si supera los 75 dB(A) deberán adoptarse “acciones correctivas inmediatas” a fin de disminuir el nivel de ruido. En línea con esto, durante las mediciones realizadas el máximo  $L_{eq}$  diario hallado fue de 70,08 dB(A) lo que indicaría que solo en uno de los puntos donde se realizaron mediciones, con un exceso menor, se deberían realizar monitoreos frecuentes a fin de dar seguimiento a la problemática. Sin embargo, cabe destacar que el menor de los valores máximos registrados en los diferentes puntos de medición fue de 83 dB(A), lo que pone de manifiesto los elevados valores de niveles sonoros que ocasionalmente se alcanzan en el área de estudio.

Realizando una comparación entre los valores  $L_{eq}$  promedio, las calles por donde circula el transporte público mostraron tener niveles sonoros significativamente más elevados que las otras por las que no lo hacen ( $p$ -valor=0,0105). Por otra parte, utilizando un ajuste lineal, se observó la correlación entre los niveles sonoros de ambas franjas horarias (descanso y actividad) obteniéndose una correlación positiva y moderada, con un coeficiente de 0,71. Esto significa que a priori aquellos puntos donde durante el horario de actividad se tienen valores elevados de nivel sonoro, se tendrán también valores relativamente más elevados durante el período de descanso.



**FIGURA 4.** Curva de correlación

Finalmente, a través del análisis de los datos obtenidos y los contextos en los cuales fueron adquiridos, se ha logrado identificar intervalos horarios más reducidos, entre las 7 hs y las 11 hs, y de 17 hs a 20 hs, en los cuales es posible realizar mediciones con valores de  $L_{eq}$  para 15 minutos con desvíos menores a 2 dB(A) con respecto a los obtenidos con muestreos de 24 hs. Esto es de suma importancia ya que permitirá la obtención de datos representativos con un menor consumo de recursos en etapas posteriores.

## 5. Conclusiones

La metodología aplicada para este primer relevamiento de los niveles sonoros urbanos existentes en el microcentro de la ciudad de Posadas resultó adecuada, obteniendo resultado de manera sistemática que ponen de manifiesto una serie de cuestiones relevantes en materia de gestión ambiental de la contaminación sonora en la ciudad.

## 6. Bibliografía

- Ayuntamiento de Madrid. Plan de calidad del aire de la ciudad de Madrid. España. <http://www.mambiente.munimadrid.es/> Fecha de acceso: 15 de febrero de 2014.
- Cabezas, P. (2005). Influencia de la actividad turística en el ruido ambiental de una ciudad pequeña. Caracterización acústica de Castro. Tesis. Valdivia, Chile.
- David, A.; Vázquez, M. (2000). Municipalidad de Córdoba, Observatorio Ambiental. (2000). Evaluación de la exposición sonora y de su impacto sobre la salud [...] zona este de la ciudad de Córdoba sobre los accesos principales a la zona central. Disertación doctoral, Universidad Nacional de Córdoba.
- GCBA (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires). Agencia de Protección Ambiental. Plan Estratégico 2008-2012. Buenos Aires. Noviembre 2008.
- Instituto Provincial de Estadística y Censos (IPEC). (2011). Más de un millón de vecinos: resultados oficiales del censo del bicentenario en Misiones. <http://www.ipecmisiones.com>. Misiones. Fecha de acceso: 13 de febrero de 2014.
- Lam, K.; Ma, W. (2012). Road traffic noise exposure in residential complexes built at different times between 1950 and 2000 in Hong Kong. *App. Acoustics*, 73: 1112–1120.
- Law, C.; Lee, C.; Lui, A.; Yeung, M.; Lam, K. (2011). Advancement of three-dimensional noise mapping in Hong Kong. *App. Ac. Noise Mapping*, 72: 534-543.
- Melo Barbosa A.; Cardoso M. (2005). Hearing loss among workers exposed to road traffic noise in the city of Sao Paulo in Brazil. *Auris. Nasus. Larynx*. 32: 17.
- Miyara, F. (1995). Contaminación acústica urbana en Rosario. Universidad Nacional de Rosario.
- Municipalidad de Posadas. Plan estratégico Posadas 2022. Plan Urbano Ambiental Posadas. <http://planurbano.posadas.gov.ar/>. Fecha de acceso: 22 de febrero de 2014.
- Municipalidad de Posadas. Secretaría de Calidad de Vida. Comunicación personal con Ing. Ana María Paredes. Octubre de 2012.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para el ruido urbano. Editado por Berglund, Lindvall y Schwela. Londres, Reino Unido. Abril 1999.
- RAE (Real Academia Española) <http://www.rae.es>. Fecha de acceso: 15 de diciembre de 2014.
- Tsai, K.; Lin, M.; Chen, Y. (2009). Noise mapping in urban environments: A Taiwan study. *Applied Acoustics*, 70: 964–972.

Viro, G. (2002). Protocolo de Mediciones para trazado de Mapas de Ruido Normalizados. Trabajo Profesional de Ingeniería Electrónica. Laboratorio de Acústica y Electroacústica – Universidad Nacional de Buenos Aires.

Zannin P.; Sant'Ana D. (2011). Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil. *Applied Acoustics*, 72: 479-486.

# **35TCam - EVALUACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS INDICADORES DE BIODEGRADABILIDAD EN UN COMPOST DE MEZCLAS DE ALPEORUJO DE ACEITUNA**

**FILIPPÍN, A. J.; POZZI, M. T.; LUNA, N. S.; SECO, A. A.**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento Química. Universidad Nacional de Catamarca,**  
**[mtpozzi02@yahoo.com.ar](mailto:mtpozzi02@yahoo.com.ar)**

## **Resumen.**

En este trabajo se evaluó la biodegradabilidad de compuestos lignocelulósicos y polifenólicos durante el compostaje de mezclas de alpeorujo de oliva. Se analizó la evolución de lignina, celulosa, hemicelulosa y polifenoles hidrosolubles para evaluar procesos biodegradativos en un compost de alpeorujo de oliva mezclado con diferentes proporciones de estructurantes (sorgo, cama de cabra, cama de caballo y hojas de olivo). Se trabajó con un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y una muestra testigo, con tres repeticiones. Se realizaron pilas al aire libre y sobre suelo de 1 metro cúbico aproximadamente; como se utilizó alpeorujo estacionado, el cual presenta un porcentaje bajo de humedad, las pilas se voltearon manualmente para lograr una aireación adecuada y para la frecuencia de volteo se tuvo en cuenta el pH, la humedad y la temperatura medidas “in situ”. Las muestras se tomaron al azar en tres puntos diferentes de cada pila y en períodos de 30, 60, 90 y 120 días, a partir del armado de las mismas y por triplicado. Se analizó lignina klason y celulosa según norma ANSI/ASTM; y polifenoles por método Folin-Ciocalteu. Los resultados muestran en general, que la degradación de la materia lignocelulósica fue más eficaz en las mezclas con estiércol y hojas de olivo, y menos significativa en el alpeorujo solo. Los porcentajes de polifenoles disminuyeron en todas las mezclas, siendo la mezcla con cama de cabra la de mayor pérdida. Se concluye que la biodegradación de compuestos lignocelulósico y fenólicos se corresponde con las propiedades de los estructurantes de las mezclas ya que no solo mejoran el tamaño de las partículas permitiendo una buena aireación, sino que aumentaron la disponibilidad de minerales y favorecieron el crecimiento microbiano.

**Palabras Clave:** biodegradabilidad, alpeorujo, aceituna, compost.

## **1. Introducción**

En la provincia de Catamarca la industria oleícola, es uno de los sectores agroindustriales que en pocos meses genera abundantes residuos y subproductos de origen orgánico, cuya acumulación sin ningún tratamiento produce importantes efectos perjudiciales sobre el entorno. Actualmente la tecnología utilizada para la producción de aceite por las empresas catamarqueñas es el sistema continuo de centrifugación en dos fases, con lo cual el subproducto que se obtiene después de la molturación de aceituna es sin duda el alpeorujo.

La mayoría de los residuos con alto contenido de materia orgánica, y generados en grandes volúmenes como los residuos sólidos urbanos, los lodos de aguas residuales,

los residuos provenientes de actividades agrícolas y ganaderas como así también los procedentes de la agroindustria son potencialmente utilizados como enmendantes o como abonos orgánicos. Sin embargo, deben ser evaluados antes de su uso agrícola, con el fin de determinar si pueden ser aplicados directamente o necesitan tratamiento previo.

Cuando en los residuos orgánicos, como en el caso de los alpeorujos, hay evidencias de la presencia de factores restrictivos para su incorporación directa en suelo, como incidencia de microorganismos patógenos, fitotoxicidad, dificultad para su reestructuración física, etc., entonces, lo más conveniente es exponerlo a un tratamiento previo para su acondicionamiento (Martínez Farré, 2001).

El compostaje como método de tratamiento de residuos orgánicos presenta un doble beneficio, por un lado permite una adecuada gestión, ya que evita que se generen problemas ambientales debido a su acumulación y por otro lado, se obtiene un producto que puede emplearse para uso agrícola en la recuperación de suelos degradados. Sin duda, la alternativa de tratamiento del alpeorujo mediante compostaje redunda en beneficio para el productor, ya que podrá disponer de un producto final, a un costo mínimo, para uso en el propio olivar o para su comercialización en el mercado de abonos orgánicos (Alburquerque Méndez, 2000).

Durante el proceso de compostaje, los compuestos orgánicos fácilmente degradables sufren transformaciones, originando una materia orgánica más estable; y simultáneamente ocurre un aumento de compuestos polimerizados difíciles de degradar. Por ello, es imprescindible realizar un seguimiento de ciertos parámetros químicos a lo largo del proceso para evaluar la madurez del producto obtenido. El objetivo de este trabajo es evaluar la biodegradabilidad de compuestos lignocelulósicos y polifenólicos constituyentes de la mayor parte de la materia orgánica del alpeorujo, durante el proceso de su compostaje. Se analizó la evolución de los parámetros lignina, celulosa, hemicelulosa y holocelulosa, para evaluar los procesos biodegradativos; mientras que se evaluaron polifenoles hidrosolubles para valorar la fitotoxicidad durante el compostaje de mezclas de alpeorujo.

La cantidad del material orgánico que puede descomponerse por acción de microorganismos durante el compostaje, incide directamente sobre la aireación, la producción de calor, la velocidad, la duración en el tiempo del proceso (Haug, R.T., 1993), además para reducir la proporción de contaminantes en el sustrato, regular el tamaño de las partículas, pH, equilibrio de nutrientes, humedad y relación C/N es recomendable adicionar agentes que favorezcan las condiciones del compostaje (Stentifor, E.I., 1993). A partir de una caracterización del alpeorujo a compostar se seleccionaron como agentes estructurantes para las mezclas, estiércol de cabra, de caballo, restos de sorgo y hojas de olivo en diferentes proporciones.

## **2. Objetivos**

- Determinar la evolución de los porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa de las muestras durante las diferentes etapas del proceso de compostaje.
- Analizar la evolución de polifenoles totales durante el proceso de compostaje de mezclas de alpeorujo.
- Comparar las diferentes mezclas de compost o producto final obtenido en cada ensayo experimental.



### 3. Metodología

**Diseño experimental:** Se trabajó con un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y una muestra testigo de alpeorujó solo, con tres repeticiones. Los tratamientos se realizaron según el siguiente esquema: T<sub>0</sub>: 100 % alpeorujó, T<sub>1</sub>: 75% alpeorujó / 25% cama de cabra, T<sub>2</sub>: 75% alpeorujó / 25% cama de caballo, T<sub>3</sub>: 50% alpeorujó / 50 % cama de cabra, T<sub>4</sub>: 75 % alpeorujó / 25% hojas de olivo y T<sub>5</sub>: 75% alpeorujó / 25 % sorgo.

Se utilizó alpeorujó estacionado, lo cual determina una relación de humedad más baja y una mayor capacidad de compactación, lo cual influye negativamente en el proceso de compostaje al disminuir el grado de aireación, por lo que no se recomienda aplicar el método de pilas estáticas con ventilación forzada (Rutgers) (Cegarra, J., et al, 2004). Las pilas se armaron de aproximadamente un metro cúbico cada una, sobre el suelo y al aire libre; se realizaron volteos manualmente según el contenido de humedad, temperatura y pH medidos in situ. Las muestras se tomaron al azar en tres puntos diferentes de cada pila y en períodos de 30, 60, 90 y 120 días, a partir del armado de las mismas y por triplicado, luego se tomaron submuestras, se homogeneizaron en una sola muestra (una por tratamiento) y luego se secaron al aire y se tamizaron con malla 2 mm. Para llevar a cabo la determinación de los parámetros cada muestra se analiza por triplicado.

#### Métodos Analíticos

**Lignina:** se determinó según norma ANSI/ASTM (American National Standard Institute, 1977a) y se considera el residuo insoluble que queda después del ataque ácido (ácido sulfúrico 72%) de la muestra (lignina Klason).

**Holocelulosa:** se considera como el producto que se obtiene luego de deslignificar la muestra (Browning, 1967).  **$\alpha$ -Celulosa:** la determinación se realizó según la norma ANSI/ASTM (American National Standard Institute, 1977b). **Hemicelulosa:** se calculó por diferencia entre el contenido determinado de homocelulosa y de celulosa.

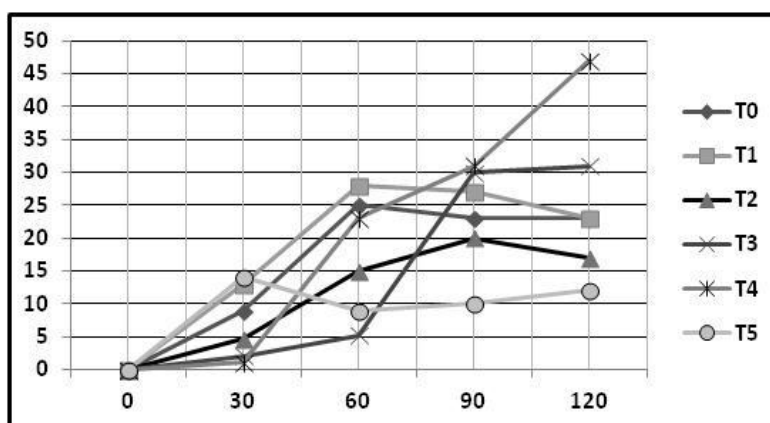
**Polifenoles Hidrosolubles:** se determinaron por método Folin (Maestro Durán et al, 1991) modificado. La recta patrón se preparó con disoluciones de ácido cafeico, reactivo Folin-Ciocalteu y se modificó la concentración de carbonato de sodio. La concentración se determinó mediante lectura de absorbancia a una longitud de onda de 725 nm.

### 4. Resultados y Discusión

Las mezclas tratadas contenían predominantemente lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que constituye gran parte de la materia orgánica del alpeorujó. La lignina por su estructura tridimensional, naturaleza aromática y diversidad de subunidades y enlaces entre las mismas resulta muy resistente a la degradación química y enzimática (Whitney y Lynch, 1996), por lo tanto su contenido inicial en el material a compostar influye significativamente sobre el porcentaje de biodegradación, de forma que a mayor estado de lignificación menor es la degradación del sustrato (Vikman et al, 2002). En la fig. 1 se describen los valores medios de los porcentajes de pérdida de lignina en los diferentes tratamientos desde el momento del armado de las pilas y en diferentes períodos del compostaje. La variación de la temperatura es un factor importante a tener en cuenta en la evolución del proceso de compostaje, ya que determina la actividad de diferentes poblaciones microbianas. En los ensayos realizados se observó un aumento importante de la temperatura a los 20 días de iniciado el proceso, por lo que se realizó un volteo, lo cual permitió activar la homogeneización del sustrato y exponiéndolo a nuevos ataques microbianos, alcanzando en todos los tratamientos temperaturas que

oscilaron entre los 40°C y 45°C. A los 60 días las temperaturas aumentaron en todos los tratamientos y se realizó el segundo volteo, con lo cual para los ensayos T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> las temperaturas bajaron de 60°C hasta 45°C, lo cual justificaría que dichos ensayos presenten mayor actividad microbiana en dicho período, con pérdida de lignina para T<sub>0</sub>: 25% y T<sub>1</sub>: 28% a causa de una mejor aireación fomentando el proceso degradativo.; mientras que T<sub>2</sub> solo degrada un 20% a los 90 días. Los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> alcanzaron temperaturas entre los 60°C hasta casi 66°C a partir de los 90 días donde se voltea nuevamente, y los porcentajes mayores se obtuvieron a los 120 días donde las temperaturas se estabilizaron, siendo para T<sub>3</sub>: 31% y para T<sub>4</sub>: 47% . El tratamiento T<sub>5</sub> alcanzó una temperatura de 45°C a los 30 días de compostaje con una degradabilidad de lignina del 14%, siendo éste su mayor valor en todo el proceso. Luego las temperaturas de todos los ensayos disminuyeron manteniéndose constantes entre los 40°C y 30°C más allá de los 120 días.

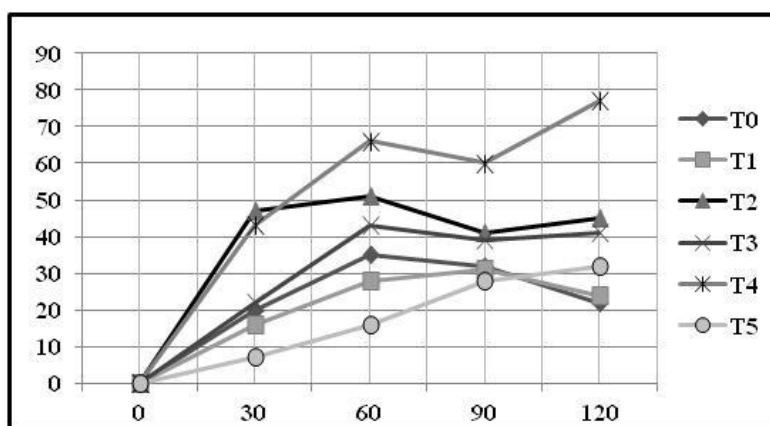
Las altas temperaturas incidieron en la frecuencia de los volteos y del riego, con lo cual la aireación favoreció la degradación debido a que en condiciones aeróbicas existe un amplio número de microorganismos, capaces de degradarla en forma efectiva (Lucas et al, 2001), y se infiere que los principales responsables de esta degradación son hongos y actinomicetos (Toumela et al, 2000).



**Fig. 1:** Evolución de los % de pérdida de lignina Karson durante el proceso de compostaje de diferentes mezclas de alpeorujos de aceituna desde el inicio y durante los períodos de 30, 60, 90, y 120 días.

Otro factor importante a tener en cuenta respecto de la degradación de la materia orgánica que conforma al alpeorujos es la humedad de las pilas a compostar; ya que influye en la temperatura provocando una disminución de la conductividad térmica. El límite superior de humedad queda determinado por la disponibilidad de oxígeno y el inferior por el desarrollo de la actividad microbiana que se ve limitada con valores de humedad inferiores al 40% . La fase líquida en una pila debe estar en equilibrio con la fase gaseosa para que el volumen de los poros contenga suficiente oxigenación que permita condiciones aeróbicas dentro de las pilas y evitar la formación de focos anaeróbicos que deriven en una interrupción del proceso. La humedad inicial de los tratamientos, medida “in situ”, osciló entre los 40 y 60%, la cual disminuyó hasta llegar a un valor constante del 30%. Los tratamientos T<sub>0</sub> , T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> al inicio tenían un 50% de humedad que se mantuvo casi constante hasta los 90 días cuando comenzó a disminuir;

el contenido de humedad fue favorable a la degradación de lignina en estos ensayos ya que entre los 60 y 90 días degradan sus mayores porcentajes. Los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  iniciaron con un porcentaje de humedad alto del 60% y luego continuó con un descenso importante con lo cual fue necesario regar para compensar la evaporación hídrica, lo cual ocasionó un retardo en la degradación ya que estos tratamientos degradaron mayor porcentaje a los 120 días. El ensayo  $T_5$  presentó al inicio el menor valor de humedad con solo un 40% y se mantuvo constante los primeros 60 días, experimentando un pequeño aumento, 48%, a los 90 días, siendo que a los 30 días el contenido hídrico fue suficiente para permitir la mayor degradación de lignina a los 30 días. El contenido de agua en todos los ensayos disminuyó a lo largo del compostaje hasta llegar a porcentajes de humedad entre los 30% y 25%. En la figura 2 se muestran los valores medios de los porcentajes de pérdida de hemicelulosa y en la figura 3 de celulosa. Del análisis de los gráficos se observa claramente que las pérdidas de hemicelulosa y celulosa fueron superiores que los de lignina y presentan un comportamiento similar.

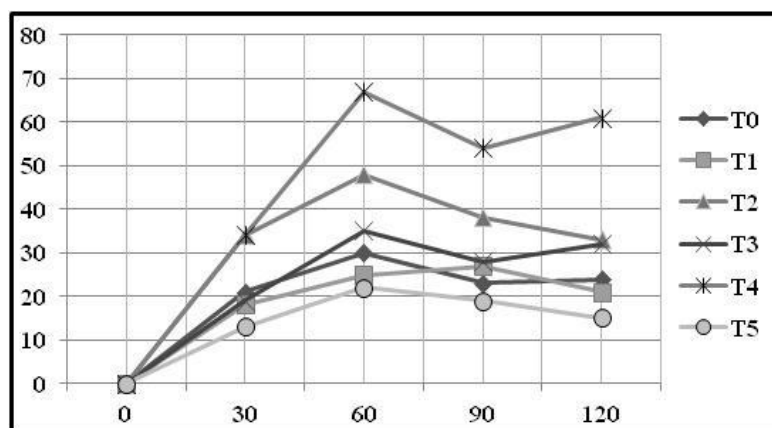


**Fig. 2:** Evolución de los % de pérdida de Hemicelulosa durante el proceso de compostaje de diferentes mezclas de alpeorajo de aceituna desde el inicio y durante los períodos de 30, 60, 90, y 120 días.

La celulosa y hemicelulosa son compuestos más fáciles de degradar que la lignina, a pesar de que la celulosa presenta en su estructura regiones cristalinas que le confieren una cierta resistencia a la degradación (Lucas et al, 2001); ya que una fracción de la celulosa presente en sustratos lignocelulosicos se encuentra asociada a la lignina impidiendo el ataque microbiano (Lynch, 1993). Además, ciertos compuestos constituyentes de la hemicelulosa, como los xilanos, se degradan más fácilmente, por ello, los microorganismos tienen mayor capacidad para degradar la hemicelulosa que la celulosa (Eiland et al, 2001); lo cual explicaría la menor pérdida de celulosa que de hemicelulosa en todo el proceso de compostaje. Otro factor que incide notablemente en los procesos de degradación con sustratos ricos en compuestos lignocelulósicos como el alpeorajo, es la adición de residuos orgánicos o estiércol que aporten minerales, nutrientes, en especial nitrógeno, que favorezcan el desarrollo microbiano, que mejoren la aireación y porosidad de las pilas. Por lo que se puede estimar que la adición de cama de caballo y cama de cabra en los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$  favorecieron la degradación de hemicelulosa y celulosa con valores de pérdida significativos de un 51 % ( $T_2$ ) y 43 % ( $T_3$ ) de hemicelulosa y de celulosa 48 % ( $T_2$ ) y 35 % ( $T_3$ ) causada por una activación microbiana al aportar nutrientes y mejorar la aireación de la mezcla. El  $T_4$  es el que

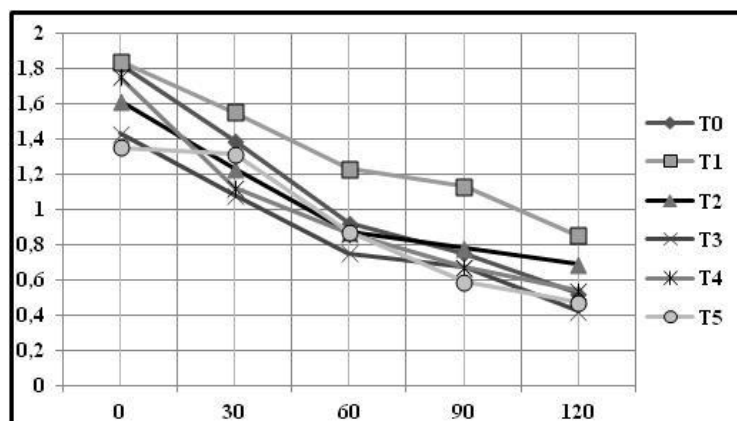
mejor se comporta ya que los porcentajes de degradación, tanto para hemicelulosa y celulosa son importantes siendo de un 77% de hemicelulosa y 67% de celulosa. Si bien, la adición de hojas de olivo favorece la degradación de la mezcla, el proceso de degradación es más lento ya que alcanza las mayores pérdidas recién a los 120 días.

El T<sub>1</sub> tiene un menor porcentaje de cama de cabra (25%) que T<sub>3</sub> (50%), lo cual justificaría los valores más bajos de pérdida de hemicelulosa (31%) y de celulosa (27%) y el proceso es más lento alcanzando a los 90 días los valores mayores. El alpeorujos solo T<sub>0</sub> presenta valores de pérdidas similares, tanto para hemicelulosa (35 %) y celulosa (30%) a los 60 días de proceso; la degradación del alpeorujos se ve favorecida por el volteo realizado a los 2 meses. El tratamiento T<sub>5</sub> contiene 25% de sorgo y la pérdida de hemicelulosa difiere de la de celulosa, ya que pierde su mayor porcentaje de hemicelulosa (32%) a los 120 días de proceso, en cambio da un valor bajo de celulosa (22%) a los 60 días de compostaje.



**Fig. 3:** Evolución de los % de pérdida de Celulosa durante el proceso de compostaje de diferentes mezclas de alpeorujos de aceituna desde el inicio y durante los períodos de 30, 60, 90, y 120 días.

La evolución de los polifenoles se presenta en la figura 4, y se determina el porcentaje de polifenoles hidrosolubles en cada etapa del proceso.



**Fig. 4:** Evolución de los de Polifenoles Hidrosolubles (%) durante el proceso de compostaje de diferentes mezclas de alpeorujos de aceituna desde el inicio y durante los períodos de 30, 60, 90, y 120 días.

El contenido inicial de polifenoles hidrosolubles, en todos los tratamientos, fue alto debido a la abundancia de estos compuestos en el alpeorujo utilizado para las mezclas. El alpeorujo solo T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> (alpeorujo-cama de cabra) y T<sub>3</sub> (alpeorujo- hojas de olivo) parten de los valores más altos 1,82 %, 1,84%, y 1,75%, que experimentan una caída sostenida a partir de los 2 meses estabilizándose a los 120 días con valores de 0,52%, 0,85% y 0,54%. Los tratamientos T<sub>2</sub>, con cama de caballo, T<sub>3</sub> con cama de cabra y T<sub>5</sub> con sorgo inician el proceso con valores menores 1,61%, 1,43% y 1,35 %, con una caída regular a partir de los 2 meses hasta que alcanzan 0,69%, 0,42% y 0,47% a los 120 días. La disminución de los compuestos fenólicos se atribuye a la actividad enzimática que experimenta el alpeorujo por acción de ciertas enzimas como las oxidorreductasas capaces de oxidarlos, polimerizarlos y transformarlos en compuestos menos solubles (Greco et al, 1999), por lo tanto la cantidad de polifenoles disminuye; otro factor a tener en cuenta es la característica de los estructurantes utilizados que favorecen la producción de microorganismos capaces de biodegradar los polifenoles solubles.

## 5. Conclusiones

La degradación de los parámetros lignocelulósicos, en general, dieron valores importantes de pérdida, tanto de lignina, como de celulosa y hemicelulosa y se estima que la adición de sustratos como estiércol de cabra y de caballo al alpeorujo favoreció el desarrollo de microorganismos y hongos capaces de degradar dichos compuestos durante el compostaje.

Los mayores porcentajes de pérdida de lignina para el alpeorujo solo (T<sub>0</sub>), y las mezclas con 25 % de estiércol (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>) fueron mayores en el período de dos a tres meses de proceso donde, las temperaturas al igual que la humedad bajaron gracias al volteo. En los tratamientos con 50% de estiércol de cabra (T<sub>3</sub>) y con hojas de olivo (T<sub>4</sub>) la mayor pérdida de lignina ocurrió a los 120 días donde las temperaturas y la humedad fueron más estables, mientras que en la mezcla con sorgo (T<sub>5</sub>) la degradación de lignina fue deficiente y ocurrió al mes de proceso. La hemicelulosa y celulosa verificaron valores de pérdidas mayores que los de lignina entre un período de 2 a 3 meses, siendo los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> los que registraron mayor pérdida; mientras que en el tratamiento T<sub>5</sub> con sorgo, la degradación fue discreta.

La degradación de los polifenoles disminuyó conforme se avanza hacia la etapa de maduración del proceso y la disminución se hace sostenida a partir de los 2 meses de iniciado el compostaje. Considerando los valores de polifenoles hidrosolubles al inicio y al final del proceso de compostaje se concluye que en los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> degradan un 71% y un 69 % respectivamente, los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>5</sub> los porcentajes de disminución corresponden a un 54%, 57% y 53 % ; el alpeorujo solo T<sub>0</sub> pierde un 66%. Si se analizan estos porcentajes de polifenoles degradados en cada tratamiento, se detecta que el tratamiento T<sub>3</sub> formado por partes iguales de alpeorujo y cama de cabra muestra un mejor comportamiento en la degradación de polifenoles.

Por lo que se concluye que la biodegradación de los materiales lignocelulósicos y fenólicos se corresponde con las propiedades de los estructurantes de las mezclas ya que no solo mejoran el tamaño de las partículas permitiendo una buena aireación, sino que aumentaron la disponibilidad de elementos minerales y favorecieron el crecimiento microbiano.

## 6. Bibliografía

- Alburquerque Méndez, J.A. (2000) El compostaje de orujo de oliva de dos fases. Estudio del proceso y evaluación de los productos obtenidos. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia. España 16- 27
- Browning, B.L. (1967). Methods of wood chemistry, Interscience Publishers, New York, USA.
- Cegarra, J., Alburquerque J.A., Gonzalvez, J. y García, D. (2004) Tratamiento del orujo de oliva de dos fases mediante compostaje. Revista de Ciencia y Técnica. Madrid. España 101: 12-17.
- Eiland, F., Leth, M., Klammer, M.; Lind, A.M.; Jensen, H.E.K. e Iversen, J.J.L. (2001) C and N turnover and Lignocellulose degradation during composting of *Miscanthus* straw and liquid pig manure. Compost Science & Utilization. 9 (3): 186-196
- Greco, G., Toscano, G.; Cioffi, M., Gianfreda, L. y Sannino, F. (1999) Dephenolisation of olive mill waste-water by olive husk. Water Res. 33 (13): 3046-3050.
- Haug, R.T. (1993). The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers Boca Raton FL.
- Lucas, L.R., Robles, G.A.M.; Gálvez, del Postigo, R.A., García, G.T., Pérez, P.R. y Álvarez de Cienfuegos, L. (2001) Biodegradación de la celulosa y lignina. Universidad de Jaén 148p.
- Lynch, J.M. (1993) Substrate availability in the production of composts. En: Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. Eds. Harry A.J. Hoitink and Harold M. Keener. Renaissance Publications. Ohio 24-35.
- Maestro Durán, R., Borjas Padilla, R.; Martín Martín, Fiestas Ros de Ursinos, J.A y Alba Mendoza, J. (1991) Biodegradación de los compuestos fenólicos en alpechín. Grasas y Aceites: 42 (4) 271-276.
- Martínez Farré, F.X. (2001) Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. I Encuentro Internacional. Gestión de Residuos orgánicos en el Ámbito Rural Mediterráneo. Pamplona. España 22-23.
- Stentifor, E.I. (1993). Diversity of composting systems. En: Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. Eds.: Harry A.J. Hoitink and Harold M. Keener. Renaissance Publications. Ohio 95-110.
- Toumela, M., Vikman, M., Hatakka, A. y Itävaara, M. (2000) Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. Bioresource Technology 72: 169-183.
- Vikman, M., Karjomaa, S., Kapanen, A., Wallenius, K., Itävaara, M. (2002) The influence of lignin content and temperature on the biodegradation of lignocelluloses in composting conditions. Applied Microbiology and Biotechnology. 59 (4-5): 591-598.
- Whitney, P.J, Lynch, J.M. (1996) Importance of lignocellulosic compounds in composting. En: The Science of Composting. Eds.: M.de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi. Blackie Academic and Professional. Glasgow 531-541.

# **36TCAm - MODELADO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN TERMOTANQUES SOLARES HÍBRIDOS Y CONVENCIONALES BAJO EXIGENCIAS NORMALES DE USO**

**BIANCHI, A.; LANSON A.**

**INEDES - GERSolar, Universidad Nacional de Luján  
Luján, Ruta 5 y Avda. Constitución, (B6700CED) Luján, Buenos Aires,  
ARGENTINA  
E-mail: [gersolar@yahoo.com.ar](mailto:gersolar@yahoo.com.ar)**

## **RESUMEN:**

Con el fin de estimar el ahorro energético en el calentamiento de agua domiciliar que produce un termotanque híbrido solar comercial, con respecto a un sistema convencional equivalente, en condiciones de uso habituales para la zona centro y norte de la Argentina, se ha realizado un ensayo destinado a modelar el consumo de ambos equipos y relacionarlo con las condiciones climáticas a las que están sometidos.

Sobre la base de un trabajo anterior que analizó 8 modelos de ahorro comparativo entre estos mismos sistemas, y que ninguno superaba un  $R^2$  de 70 %, se revisó la calidad de la base de datos y se generaron 3 nuevos modelos, esta vez de consumo energético de cada sistema por separado. Se consideraron solo 5 variables ambientales: para el caso del termotanque híbrido: Radiación global diaria, Temperatura media diaria, Radiación global diaria del día anterior y Temperatura media del agua. En el caso del termotanque convencional: Temperatura media diaria, Temperatura media del agua y Temperatura dentro del recinto de ensayo.

Fueron validados los 3 modelos de consumo energético, mediante la comparación de valores estimados con registros que no formaron parte de la base de ajuste. Al validar uno de los modelos de consumo del termotanque híbrido se logró obtener un  $R^2$  de 95,68 %, un error cuadrático medio relativo porcentual (RMSE %) del 20 % y un sesgo medio relativo (MBE %) del 2 %. Por otra parte la validación del modelo de consumo convencional presentó un  $R^2$  de 79,78 %, un RMSE % del 4 % y un MBE % del -3 %.

Posteriormente se estimó el ahorro como la diferencia entre ambos modelos de consumo. Su validación del modelo semiempírico arrojó un  $R^2$  de 94,72 %; un MBE% de -1 % y RMSE % de 18 %. De esta manera se obtuvo un modelo con mejor poder de predicción que los modelos directos elaborados en trabajos anteriores. Estos resultados nos permiten concluir que es posible estimar el ahorro energético que brindan las actuales tecnologías híbridas solares con acumulación, bajo condiciones reales de uso mediante regresiones lineales de datos diarios de radiación y temperatura.

**Palabras clave:** modelado, consumo, termotanque solar, ahorro energético

## **INTRODUCCIÓN**

Desde hace varios años las reservas de combustibles fósiles han comenzado a decrecer a nivel mundial. La situación se ha advertido en particular desde los comienzos de la crisis del petróleo, en los años 70 (Commoner, 1978). La producción parece decaer definitivamente, por lo cual es razonable esperar un incremento de los precios del petróleo y del gas (Saravia, 2006).

Simultáneamente, el desarrollo económico y el crecimiento poblacional suman más consumidores a la matriz energética que es abastecida por estos recursos convencionales. A nivel nacional esta situación se repite en líneas generales: por un lado una declinación en la producción de petróleo en pozos ya maduros y en yacimientos gasíferos, y por el otro, un incremento sostenido en el consumo domiciliario e industrial, en particular de gas natural (Lanson y otros, 2013).

Si bien el gas natural puede ser remplazado por gas importado, los precios a pagar son más altos, por lo que el estado debe optar entre subsidiar el consumo domiciliario o permitir incrementos en el precio al consumidor final. Una alternativa interesante consiste en estimular el empleo de sistemas híbridos solares con el objetivo de ahorrar energía convencional y tener mayor disponibilidad para uso industrial (Gil y otros, 2014).

En este sentido es posible encontrar gran cantidad de trabajos sobre temas relacionados con el calentamiento de agua sanitaria (CAS) como la producción de energía en función del recurso disponible, la eficiencia de diferentes diseños (Beikircher y otros, 2014), el modelado de su funcionamiento (Schnieders, 1997; Cadafalch, 2009 y Cadafalch y otros, 2014), incluso se ha estudiado en profundidad las posibilidades de los tubos de vacío y heat-pipes en esta aplicación (Launay y otros, 2006). En Argentina, Lucchini y otros (2012) modelaron la respuesta de un colector solar del tipo placa plana con inercia térmica donde la unidad de tiempo es horaria, el error al final del día es del 2% mientras que durante la noche el modelo subvalúa la temperatura de salida, comenzando al día siguiente con un error del 10%.

¿Pero qué ocurre cuando estos sistemas son sometidos a las mismas exigencias que los convencionales? Un nivel de servicio constante, como es el consumo de agua caliente de una familia tipo, requiere de una prestación confiable de manera de asegurar el nivel de confort con el que sus usuarios cuentan actualmente. Asegurar esta continuidad temporal hace necesario el respaldo de las fuentes convencionales de energía, y propone a la energía solar como pilar del ahorro energético.

Existen programas de simulación que estiman la cobertura de la demanda energética en base a especificaciones de fabricación de distintos sistemas y a una demanda estimada. Pero estas estimaciones surgen de modelos físicos y supuestos de funcionamiento.

En este trabajo se propone un análisis desde datos medidos de consumo energético en base a una demanda real, donde el uso está distribuido a lo largo del día, en horarios de extracciones de agua caliente habitual y con la exigencia de una temperatura constante en todas ellas. Este perfil de consumo asegura que el sistema híbrido solar deba responder con el mismo nivel de servicio que el sistema convencional, sin concesiones de prestación ni de época del año.

La bibliografía consultada coincide en que la respuesta de los sistemas termosolares es dependiente, principalmente, de la radiación solar y la temperatura ambiente.

Dada la dependencia del consumo eléctrico de sistemas híbridos solares con las condiciones climáticas, se modeló el mismo en comparación con un sistema de calentamiento de agua convencional en función de estas variables: la radiación solar



global incidente en el plano del colector solar, la misma radiación solar del día anterior, la temperatura del agua fría y la temperatura ambiente exterior. La unidad de tiempo de las mediciones y los modelos es diaria, considerándose un día de medición de 18hs a 18hs.

Se espera obtener un modelo robusto capaz de ser replicado en otras zonas del país de manera de analizar el potencial solar térmico que Argentina posee en el escenario actual.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para poder generar la base de datos que alimente el modelo, se realizó un ensayo simultáneo de 1 termotanque híbrido y 1 termotanque estándar comercial en el laboratorio de GERSolar de la Universidad Nacional de Lujan (34,588 °S; 59,065 °W; 30 msnm) entre los meses de Mayo 2014 y Noviembre 2014 inclusive.

El primer equipo es un híbrido solar-eléctrico, Figura 1, que consta de un tanque horizontal exterior de 290 litros, con una camisa de intercambio de calor alimentada con un líquido caloportador de solución de propilenglicol que absorbe energía en un colector solar de parrilla de cobre. El tanque es a su vez recubierto por una gruesa capa de aislante mineral. El colector de 1,73m<sup>2</sup> de superficie colectora, cuenta con un vidrio solar, una superficie de absorción selectiva y aislación de lana de vidrio. La fuente de apoyo de energía convencional es una resistencia eléctrica de 1500 W. Todo el sistema se encuentra a 14 metros del punto de consumo. El segundo equipo es un termotanque eléctrico estándar, de interior y de pie, de 155 litros, con una resistencia de 1600 W. Este sistema dista a solo 1 metro del punto de consumo y dentro del mismo recinto.



*Figura 1: Sistema híbrido eléctrico-solar*

El tablero de medición y control, Figura 3, está compuesto por:

- Un PLC Siemens Logo! 12/24RC flexible, fácilmente programable y con contadores rápidos compatibles con la frecuencia de pulsos del caudalímetro. Brinda una precisión de reloj de 2 segundos por día y un retraso máximo en el cambio de señal (de 0 a 1 ó de 1 a 0) menor a 1 milisegundo. Su programa ejecuta el protocolo de extracción de agua en todos y cada uno de los termotanques
- Un sensor de microcaudal digital Signet2000 versión 22 controla el volumen de agua

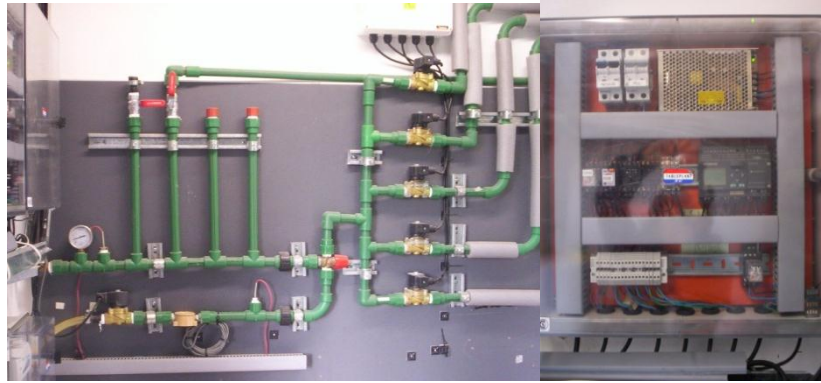
caliente con una incertidumbre de 1,3% sobre el fondo de escala, que corresponde a 0,143 litros por minuto. Este sensor envía el equivalente a 834,9 pulsos por litro al PLC

- Las electroválvulas controladas por el PLC son Jefferson 1335B que tienen un tiempo de respuesta máximo de 50 milisegundos, una para cada termotanque, a poca distancia de la válvula de mezcla que regula la temperatura del agua de salida. Además se instaló una en la salida de agua caliente del tablero para evitar fugas de agua en caso que se rompiera la válvula mezcladora.
- Una válvula mezcladora modera la temperatura del volumen de agua de cada extracción regulando la relación de caudal de agua fría y agua caliente proveniente del termotanque en ensayo, regulada a 42°C
- Un datalogger NOVUS Field Logger, que cuenta con 8 entradas digitales y 8 entradas analógicas. Sus entradas analógicas reciben la señal de termocuplas PT100 de 3 hilos que sensan la temperatura del agua en distintos puntos del ensayo. Las entradas digitales reciben la señal de pulsos de un relé que indica los minutos en que transcurre cada extracción y los contadores de volumen de gas. El error de apreciación del instrumento es de 0,15 % del valor de “fondo de escala” para las termocuplas que abarcan un rango de -200°C a 850°C.
- La radiación solar es registrada por un Novus LogBox AA en caja IP65 de dos canales analógicos de 16 bits, una precisión de 0,2 % de la faja máxima para mediciones de tensión y corriente. Una de sus entradas detecta la tensión de salida de un sensor fotovoltaico (inclinado un ángulo igual al plano de los colectores) fabricado por la Comisión Nacional de Energía Atómica:



*Figura 2: Fotografía del sensor fotovoltaico CNEA*

- Tres wattímetros TBCin DD-282 clase 2 marcan el consumo eléctrico total de cada uno de los sistemas eléctricos. El estado de estos medidores es registrado manualmente a la hora de corte de cada día
- Tres medidores de caudal de gas Itron, con contador mecánico y salida digital, miden y registran el consumo de los termotanques a gas con un nivel de apreciación de 0,0001 m<sup>3</sup>



*Figura 3: Fotografías del tablero de medición y control*

Todo este instrumental permitió realizar las siguientes mediciones:

- a) La cantidad de energía extraída de cada uno de los dos sistemas. En primer instancia se definió, a partir del perfil de extracción propuesto en el protocolo interno de ENARGAS (NAG-313/09) que establece que la población del centro y norte del país utiliza agua caliente 5 veces por día: aproximadamente a las 7:00; 7:30; 12:00; 20:00 y 20:30 hs, en un promedio de 40 litros por vez, un total de 200 litros diarios a una temperatura de 42 °C. este parámetro se utilizó para definir las mediciones que formarían las bases de datos
- b) La temperatura:
  - i. Del agua a la entrada al sistema
  - ii. Del agua a la salida de la válvula mezcladora, la denominaremos temperatura de mezcla
  - iii. Ambiente exterior
  - iv. Ambiente interior del recinto de ensayo
- c) La energía solar incidente en el plano del colector solar.
- d) La energía eléctrica consumida por el sistema híbrido solar-eléctrico y por el termotanque puramente eléctrico.

Las variables analizadas fueron:

- Energía eléctrica consumida por cada sistema, expresadas en kWh, ( $C_{conv}$  y  $C_{hib}$ )
- Energía solar de la radiación global diaria recibida por el plano inclinado de los colectores (Rad), expresada en kWh
- Energía solar de la radiación global diaria del día anterior (Rad<sub>-1</sub>) expresando en kWh
- Temperatura media diaria exterior ( $T_e$ ), expresando en °C
- Temperatura media del agua fría a la entrada del sistema ( $T_{H_2O}$ ), expresada en °C
- Temperatura interior del recinto de ensayo ( $T_{int}$ ) expresando en °C

El ensayo fue ejecutado durante 7 meses. La exclusión de aquellos datos que no respondían a las exigencias del protocolo configuró la base de datos depurada. Este

proceso arrojó 103 datos diarios con los que se crearon los modelos de consumo y el modelo de ahorro. Se utilizaron otros 40 datos para validarlos.

## MODELOS

En un análisis de la relación entre el consumo y cada variable individualmente, se detectó que el consumo del sistema híbrido era explicado por la radiación incidente con un  $R^2$  de 48%; por la radiación del día anterior con un  $R^2$  de 69% y por la temperatura media exterior con un  $R^2$  de 7%.

Con la depuración de los registros obtenidos y volcados en una planilla de cálculo, se analizaron 2 modelos lineales distintos del consumo del sistema termosolar híbrido. El primero, relacionó la radiación global diaria incidente en el plano del colector, (Rad); la temperatura media diaria exterior ( $T_e$ ) y la radiación global diaria incidente del día anterior ( $Rad_{-1}$ ). En el segundo modelo se agregó la temperatura del agua ( $T_{H2O}$ ).

A continuación se detallan cada una de las combinaciones utilizadas:

- El primer modelo (ML1) contempló Rad ;  $T_e$ ,  $Rad_{-1}$
- El segundo (ML2) contempló Rad;  $T_e$ ,  $Rad_{-1}$  y  $T_{H2O}$

$$Cons_{ML1} = a_1 + b_1 Rad + c_1 T_e + d_1 Rad_{-1}$$

$$Cons_{ML2} = a_2 + b_2 Rad + c_2 T_e + d_2 Rad_{-1} + e_2 T_{H2O}$$

En el primero de los casos se obtuvo una validación con un  $R^2$  de 93,5 %; un MBE% de -6% y un RMSE% de 25%; y en el segundo caso:  $R^2$  de 95,8 %; MBE% de 2 % y RMSE% de 20%.

Para modelar el consumo del termotanque convencional se realizó un modelo considerando la temperatura promedio del agua, la temperatura interior del recinto de ensayo y la temperatura exterior promedio.

Los resultados de la validación de este modelos fueron: un  $R^2$  de 93,5 %; un MBE% de -4% y un RMSE% de 8%.

$$Cons_{ML3} = a_3 + b_3 T_e + c_3 T_{int} + d_3 T_{H2O}$$

Posteriormente, se modeló el ahorro entre el sistema termosolar híbrido y el sistema convencional como la diferencia entre los modelos de consumo de este último y el primero. Un modelo de ahorro resultante de esta diferencia fue ajustado y validado con la misma base de datos que los modelos de consumo.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se pueden observar los coeficientes de ajuste de cada modelo de consumo, el  $R^2$  de ajuste y los resultados del estudio de validación realizado para cada uno de los 3 modelos analizados.

Modelo	Modelos							Validacion		
	cte.	Rad	T <sub>e</sub>	Rad <sub>-1</sub>	T <sub>H2O</sub>	T <sub>int</sub>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE%	MBE%
ML1	13,038	-0,141	-0,174	-0,238			94,66%	93,53%	25%	-6%
ML2	16,856	-0,140	-0,235	-0,086	-0,300		95,12%	95,75%	20%	2%
ML3	9,618		0,010		0,069	-0,185	84,67%	84,66%	4%	-3%

Tabla 1: Coeficientes e indicadores del estudio de validación de los modelos de consumo analizados

Los modelos fueron comparados entre sí según su coeficiente de determinación; error cuadrático medio relativo porcentual y sesgo medio relativo. El modelo que peor representa el consumo del sistema termosolar híbrido fue descartado.

A continuación, en la Figura 4, se presentan las gráficas de Consumo<sub>modelado</sub> vs. Consumo<sub>medido</sub> para los modelos ML2 y ML3 con los indicadores observados en el estudio de validación.

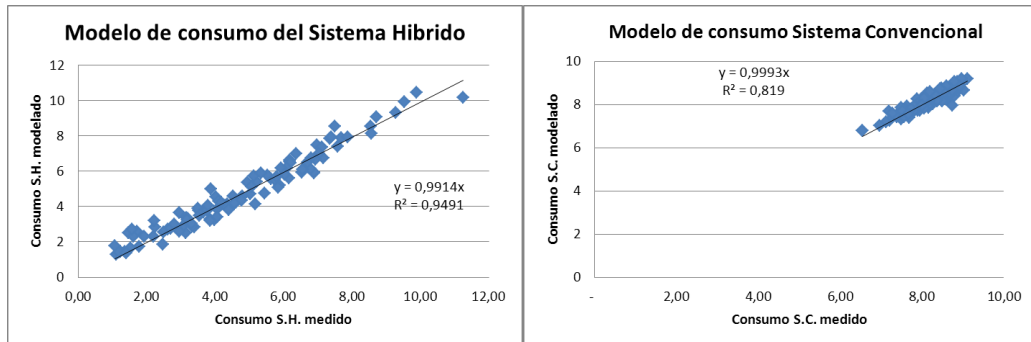


Figura 4: Validación de los modelos Consumo termosolar híbrido y Consumo convencional

Con estos dos modelos se estimó el ahorro energético del sistema híbrido con respecto al sistema convencional como la diferencia entre ellos:

$$\text{Ahorro} = \text{Cons}_{ML3} - \text{Cons}_{ML2}$$

En las Figuras 5 y 6 se observa el comportamiento del modelo de ahorro resultante y un modelo semiempírico con corrección de ordenada al origen.

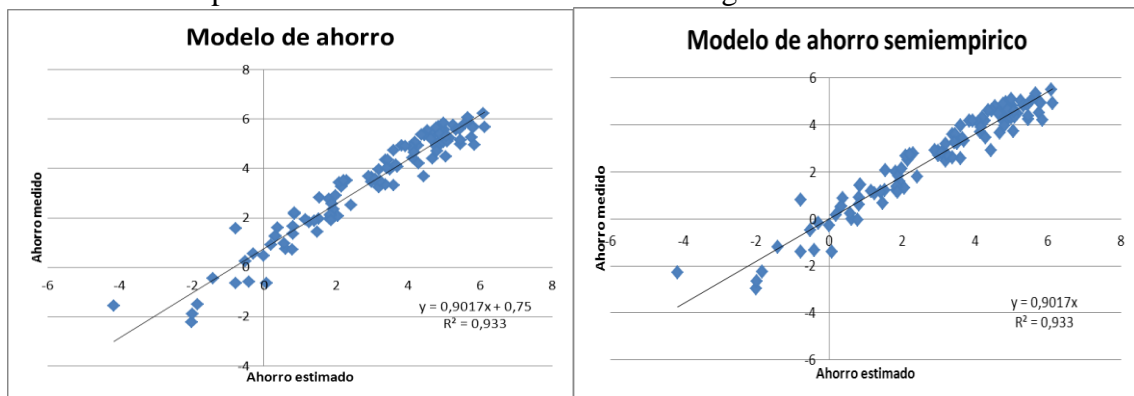


Figura 5: Modelo de Ahorro directo.

Figura 6: modelo de ahorro Semiempírico.

La tabla 2 presenta los indicadores resultantes de la validación de ambos modelos de ahorro.

Modelos					Validación		
Modelo	cte.	ML2	ML3	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE%	MBE%
Ahorro	0,000	1	1	93,30%	94,72%	29%	23%
Ahorro semiempírico	-0,750	1	1	93,30%	94,72%	18%	-1%

*Tabla 2: Coeficientes e indicadores del estudio de validación de los modelos de ahorro analizados.*

Los modelos presentados por Lanson y Raichijk no superaban un R<sup>2</sup> de 71%, con un error cuadrático de 39% como muestra la tabla 3.

Modelos										Validación		
Modelo	cte.	Rad	T <sub>e</sub>	T <sub>max</sub>	Q <sub>ref</sub>	Rad <sub>1</sub>	K <sub>t</sub>	K <sub>t-1</sub>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	RMSE%	MBE%
ML4	-17,750	0,149	0,188	-0,007	2,260	0,257			62,94%	70,97%	39%	-12%
ML8	-17,773	0,160	0,207		2,117			9,563	63,97%	71,03%	39%	-13%

*Tabla 3: Coeficientes e indicadores del estudio de validación de los modelos de ahorro de Lanson y Raichijk*

## DISCUSION

Las validaciones de todos estos modelos presentan una dispersión de menor magnitud y un mayor coeficiente de determinación que los modelos directos de Lanson y Raichijk. Esto nos permite concluir que el modelado del ahorro energético devenido del uso de sistemas termosolares híbridos puede realizarse con modelos lineales de consumo determinados con variables climáticas como la radiación y la temperatura.

La bibliografía demuestra que existe una relación entre algunos factores climáticos, como la heliofanía y la amplitud térmica, con la radiación global. Basado en la presunción de una dependencia estadística entre variables, los modelos no incluyeron estos factores entre sus componentes. Un análisis de la existencia efectiva de dependencia estadística de estas variables con las contempladas y su eventual inclusión en los modelos de consumo podría disminuir la dispersión de nuevos modelos y mejorar su capacidad de predicción.

Una nueva validación con datos de meses de verano demostraría si estos resultados pueden mantenerse a lo largo de todo el año.

## CONCLUSIONES

En el caso de los sistemas de calentamiento de agua con acumuladores, podemos agregar a las variables consideradas en gran parte de la bibliografía (radiación diaria y temperatura diaria) la radiación del día anterior. Ya que como se demostró tiene un papel preponderante en el funcionamiento del equipo. Estas tres variables permiten modelar el consumo energético y el ahorro que conlleva el uso de sistemas híbridos termosolares con tanque de acumulación, con un buen grado de determinación y error para primeras estimaciones como las de este trabajo.

Dado que la base de datos contempló sólo registros de 2014, se deberá repetir esta validación con valores de otros meses y otros años.

En próximos estudios se evaluarán la significancia de otras variables tales como el barrido acumulado diario del viento sobre los equipos sometidos a la intemperie, la amplitud térmica y la humedad media diaria, para buscar modelos con mejor ajuste y menor error.

Una vez que se reúnan suficientes datos y se sumen al análisis otros sistemas híbridos, como por ejemplo combinaciones solar-gas, la información recolectada permitirá evaluar ahorros potenciales de gas en distintas zonas del país en las que se usen estos equipos. Esa información podrá constituirse en una herramienta de planificación importante por parte del estado, para fundamentar políticas de incentivo a la instalación de estos sistemas. En un contexto de aumento de la demanda de los combustibles fósiles y el agotamiento de las reservas (con la suba de precios que ello trae aparejado) contar con dicha información presupondrá una ventaja en la confección de políticas de manejo de los recursos energéticos.

El hecho de contar con un banco de ensayos operativo y con facilidades de medición y flexibilidad de extracción, que puede acomodarse a distintos escenarios, presenta una doble ventaja: por un lado, la posibilidad de ensayar distintos perfiles de extracción de agua para estudiar diferentes situaciones de demandas sobre los sistemas y la respuesta de los mismos. Por el otro, facilitará el análisis de modificaciones en los parámetros de instalación de los sistemas híbridos, permitiendo evaluar el impacto en el ahorro del consumo de energía que tiene la configuración de la instalación de estos equipos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Dr. Salvador Gil por su participación en este proyecto, a ENARGAS y la UNSAM, quienes han contribuido a su financiamiento. De igual forma agradecemos la participación generosa de las firmas Orbis y Rheem, quienes facilitaron el equipamiento.

## **REFERENCIAS**

- Beikircher T., Berger V., Osgyan P., ReuB M., Streib G. (2014). Low-e confined air chambers in solar flat-plate collectors as an economic new type of rear side insulation avoiding moisture problems. *Solar Energy* 105, 280-289.
- Cadafalch J. (2009). A detailed numerical model for flat-plate solar thermal devices. *Solar Energy* 83, 2157-2164.
- Cadafalch J. y Cónsul R. (2014). Detailed modeling of flat plate solar thermal collectors with honeycomb-like transparent insulation. *Solar Energy* 107, 202-209.
- Commoner B. (1978). *La energía alternativa*, pp. 168. Riuniti, Roma.
- Gil S., Prieto R., Iannelli L. (2014). Barreras para el Desarrollo de la Energía Solar Térmica en Argentina - Amortización de los equipos solares híbridos. 5° Congreso Internacional Solar Cities. Actas del Congreso, pág.47. [http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/documents/actas\\_-\\_trabajos\\_completos.pdf](http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/documents/actas_-_trabajos_completos.pdf)

- Lanson A. y Raichijk C (2014). Modelado del ahorro energético en sistemas termosolares híbridos bajo exigencias normales de uso. Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 2, pp. 08.57-08.62, 2014.
- Lanson A., Righini R., Benitez E. E., Bezzo E., Filloy E., Roldán A., Unger H., Iannelli L., Gil S. (2013). Hacia un uso mas eficiente del gas – aprovechamiento de la energía solar en Argentina. Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Actas on line, Capítulo 1, trabajo No.13
- Launay S., Sartre V., Bonjour J. (2006). Parametric analysis of loop heat pipe operation: a literature review. International Journal of Thermal Sciences 46, 621-636.
- Lucchini J. M., Stoll R. G., Garnica J. H., Barral J. R. (2012). Modelado físico matemático de un colector solar del tipo placa plana con inercia térmica. Actas del III Congreso Argentina de Ingeniería Mecánica
- Saravia L. (2006). Energías de fuentes renovables: cada vez más cerca. Ciencia Hoy 16, 92, 58-64.
- Schnieders J. (1997). Comparison of the energy yield predictions of stationary and dynamic solar collector models and the models' accuracy in the description of vacuum tube collector. Solar Energy 61, 179-190.



## **37TCAm - ANTIOXIDANTES NATURALES EN SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS DE INDUSTRIAS REGIONALES MENDOCINAS.**

**SANTIBAÑEZ, M. E.<sup>1,2</sup>; BALANZA, M. E.<sup>1</sup>; ORDÓÑEZ, A. L.<sup>1</sup>; COLETTA, A. M.<sup>1</sup>; ÁVILA, C. A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria - Universidad Nacional de Cuyo.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

[mbalanza@fcai.uncu.edu.ar](mailto:mbalanza@fcai.uncu.edu.ar).

### **Resumen**

Una de las principales actividades agroindustriales del sur de la Provincia de Mendoza (Argentina) es la producción de aceite de oliva, la cual genera residuos sólidos y líquidos no sólo de escaso a nulo valor comercial, sino también de problemática disposición por su afectación del ambiente, debido a su importante contenido de fenoles, procedentes de los antioxidantes naturales presentes en la materia prima. La zona también es propicia para una producción melífera de excelente calidad, obteniendo como subproductos propóleos y polen, que también deben evaluarse en cuanto a su calidad y acción antioxidante, por lo que el objetivo del trabajo fue determinar el contenido de polifenoles totales y flavonoides tanto en el producto (aceite de oliva) como los residuos (orujo y agua de rechazo) de la industria oleícola y en propóleos y polen como subproductos de la colmena, a fin de evaluar su posible aprovechamiento, previa extracción adecuada, para incorporación al diseño de alimentos funcionales.

En el primer caso, las sustancias antioxidantes de la materia prima (si bien de naturaleza polifenólica con baja cantidad de flavonoides) se eliminan principalmente en el alpechín o agua de rechazo y luego en el orujo, siendo muy pequeña, comparativamente, la fracción que permanece en el producto comestible (aceite). Los resultados permiten considerar la conveniencia de recuperar estas sustancias valiosas a partir de los residuos generados por la industria oleícola.

El propóleo resultó el subproducto apícola con mayor contenido de sustancias antioxidantes, las cuales superan ampliamente los valores requeridos por la reglamentación.

### **1. Introducción**

Dentro de las principales actividades industriales del sur de la Provincia de Mendoza (Argentina) se encuentran las vitivinícolas, frutihortícolas y oleícolas, resultando complementaria, en diversas zonas de cultivo y de secano, una producción melífera de excelente calidad. En todas estas industrias se generan subproductos o residuos de escaso a nulo valor comercial que contienen, sin embargo, cantidades significativas de los antioxidantes naturales propios de las materias primas (Lozano-Sánchez et al., 2009; Piñeiro, 2009). Muchos de estos antioxidantes son compuestos bioactivos con estructuras polifenólicas y propiedades medicinales (Oliveras López, 2005; Banskota et al., 2000; Banskota et al., 2001; Merino et al., 1996; Paulino et al., 2001; Peña, 2008, citados por Vázquez, 2010), cuyo valor económico, si pueden recuperarse de materiales no comestibles o subproductos sin valor comercial, como los orujos de oliva y otros, es muy alto. Así, los subproductos y residuos industriales son una fuente muy atractiva de

antioxidantes naturales; debido a su interés para aplicaciones alimentarias, cosméticas y farmacéuticas.

El efecto antioxidante en el aceite de oliva se atribuye a su contenido de vitamina E, pigmentos liposolubles como los carotenoides y compuestos fenólicos. (Samaniego-Sánchez, 2006). Los pigmentos clorofílicos (verdes: clorofila a y b) y marrones: feofitina a (70% - 80% de pigmentos totales en aceite) y b, por degradación de las primeras), absorben la luz en el espectro visible, favoreciendo la fotooxidación. En cualquier caso, tanto los tocoferoles como los pigmentos clorofílicos y carotenoides (luteína (70% de carotenoides en aceite) y  $\beta$ -caroteno) de la aceituna, al ser liposolubles se extraen con el aceite. (Chova et al, 2000).

La fracción fenólica del aceite de oliva consiste en una mezcla heterogénea de componentes, presentes en el mesocarpio de la aceituna como diversas formas químicas: alcoholes fenólicos (hidroxitirosol y tirosol), ácidos fenólicos libres (vanílico, p-cumárico, cafeico, etc.), flavonoides, (luteolina, rutina, quercetina, etc.), derivados esterificados del ácido cafeico (verbascosido) o del ácido elenólico (secoiridoides como oleuropeína, aglucona de la oleuropeína, etc.) y lignanos, siendo estos dos últimos los más abundantes. (Lozano-Sánchez et al., 2010).

Por otro lado, también en subproductos de la colmena se encuentran flavonoides, los que junto con los ácidos fenólicos y sus ésteres, (genéricamente denominados compuestos fenólicos), son actualmente considerados los principales componentes bioactivos del propóleo. Los más comunes son: apigenina, quercetina, kaempferol, pinocembrina, galangina, crisina y hesperidina. Se conoce que las abejas (*Apis mellifera*) colectan resinas de diversas plantas para elaborar el propóleo, por lo que su composición química variará de acuerdo a la flora de cada región y posiblemente las resinas son sometidas a alguna transformación de tipo enzimática previo a su incorporación al propóleo. (Bedascarrasbure et al., 2004). Siendo los compuestos polifenólicos solubles en alcohol, los extractos comerciales de propóleos deberían contener en su extracto seco mayoritariamente estas sustancias.

El polen de abejas es un producto natural resultado de la aglutinación de polen colectado de diversas flores por las abejas *Apis mellifera* L. con néctar y secreciones salivares, que almacenan en la colmena, separado de las celdas de néctar puesto que constituye la fuente más importante de proteínas para estos insectos. En su composición se destacan polisacáridos, lípidos, proteínas, aminoácidos y una variedad de productos secundarios tales como polifenoles, carotenoides, esteroides, vitaminas, etc. Los compuestos polifenólicos, principalmente flavonoides, poseen valiosas actividades antioxidante, antiinflamatoria, antiespasmolítica, antibacteriana, antifúngica, analgésica, inhibidora de enzimas, citotóxica, antitumoral, hepatoprotectora (Medina et al., 2009).

El objetivo del trabajo fue evaluar los contenidos de flavonoides y polifenoles totales en los aceites de oliva producidos en la zona, en los orujos y aguas de rechazo del proceso de elaboración del aceite y en propóleos y polen recolectados de las colmenas, así como de pigmentos (clorofila y carotenoides) en los aceites de oliva.

## 2. Metodología

### 2.1. Valoración del contenido de polifenoles totales.

La cuantificación de los polifenoles totales se realizó por espectrofotometría UV-Visible a 765 nm, siguiendo el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu descrito por Vázquez et al, 1973, basado en la reacción de oxidación de los fenoles en medio acuoso, por acción del reactivo fosfotúngstico, y la aparición de una coloración azul por la reducción del reactivo a óxidos azules de tungsteno y molibdeno, adaptando las condiciones de extracción a las diferentes matrices a fin de obtener soluciones totalmente límpidas. Se utilizó ácido gálico como referencia, por lo que los resultados se expresan en equivalentes a mg de ácido gálico (mg AGE) por litro o kilogramo de producto original. (J.V. Salazar, 2009; Vázquez, 2010).

## *2.2. Valoración del contenido de flavonoides totales.*

Los flavonoides totales se determinaron por espectrofotometría del complejo flavonoides- $\text{AlCl}_3$  formado en medio metanólico, de color amarillo, específico para flavonas y flavonoles, a 425 nm sobre los extractos alcohólicos obtenidos y empleando quercetina dihidratada como referencia. El tratamiento previo de las muestras fue adaptado para el tipo de matriz y los resultados se expresan en equivalentes a mg de quercetina (mg QE) por litro o kg de producto original.

## *2.3. Valoración de clorofilas y carotenoides en aceite*

La valoración global del contenido en pigmentos clorofílicos (como feofitina) y carotenoides (como luteína) del aceite de oliva se realizó, previa dilución del mismo con ciclohexano, por espectrofotometría a 670 y 470 nm, respectivamente, siguiendo el método propuesto por Mínguez et al. (1991), descrito por Monteleone et al. (2013).

$$C = [(E \cdot V_f) / (E1\% \cdot p)] \cdot 10000 \quad (1)$$

Dónde:

C: Concentración (mg de clorofilas o carotenos/kg de aceite)

E: Absorbancia a la longitud de onda de medida.

$V_f$ : Volumen final del extracto de pigmentos (ml)

p: Peso de la muestra de aceite (g)

E1%: Absorbancia específica de una disolución al 1% medida en una cubeta de 1cm

( $E1\%_{470\text{nm}}$  luteína (carotenoides) = 2000 y  $E1\%_{670\text{nm}}$  feofitina a (Clorofilas) = 613)

## *2.4. Muestreo y acondicionamiento de muestras:*

### *Industrias oleícolas*

Se obtuvieron 5 muestras de fábrica que cuenta con proceso continuo de tres fases, que separa el aceite como producto y el orujo y el alpechín (en forma separada) como residuos, en diferentes momentos de la temporada de elaboración. Paralelamente se obtuvieron muestras de aceite comercial. La extracción de las sustancias polifenólicas del aceite ( $\delta=0,91$ ) se realizó con metanol al 50% ( $\delta=0,90$ ), previa dilución 1:1 del primero en hexano ( $\delta=0,68$ ), para facilitar la separación de fases. En los orujos se realizaron tres extracciones sucesivas con etanol de 96°, filtrando los extractos, mientras

el alpechín se evaporó al vacío para eliminar parte del agua, hasta reducir el volumen al 50% y completando el volumen original con etanol de 96° antes del filtrado.

#### Subproductos de la colmena

Se obtuvieron 4 muestras de propóleos brutos y 5 de polen de colmenas de obtención de mieles poliflorales de la zona. También se analizaron 3 muestras de extractos blandos de propóleos comerciales, de distinta procedencia, a los que se realizaron, mediante metodología indicada por C.A.A. las determinaciones físico-químicas para caracterización y verificación de genuinidad y calidad para comercialización.

Para las determinaciones de flavonoides y polifenoles en propóleos brutos se utilizó el extracto etanólico (96°) obtenido en extractor Soxhlet para la determinación de resinas, mientras para extractos blandos se trabajó con diluciones del mismo en etanol de 96°.

En polen, se pesó 1 g del mismo, extrayendo con 100 ml de etanol de 96° con agitación durante 1 hora, a 30°C y filtrando luego de mantener en reposo en oscuridad durante 24 horas

### 3. Resultados y Discusión

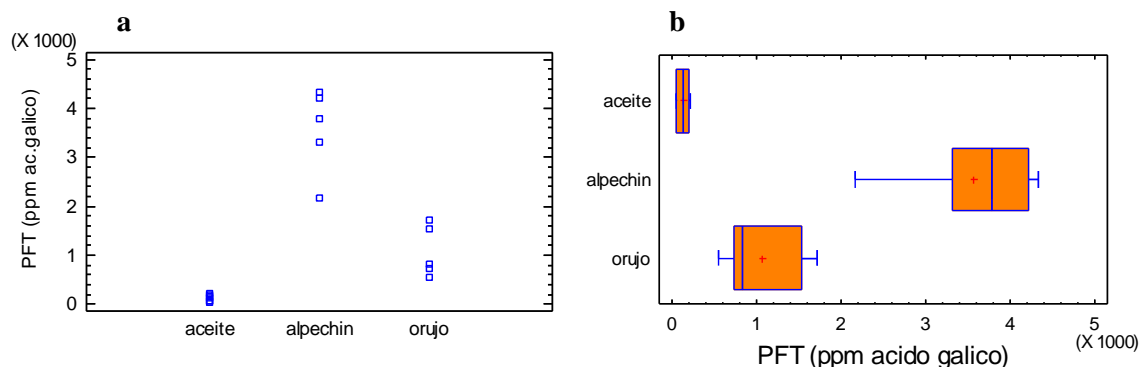
Los resultados obtenidos para el aceite de oliva y los desechos originados en esa industria se muestran en la Tabla 1, donde se observan valores de pigmentos más bien bajos, especialmente los clorofílicos (Chova et al., 2000), en los aceites. Teniendo estos pigmentos mayor afinidad con la fase lipídica, tienden a separarse mayoritariamente en el aceite, siendo casi nulos en la fase acuosa desechada. En las muestras de aceite evaluadas la relación clorofilas:carotenoides hallada es de 2:1, mientras que en los frutos se encuentran en una relación 5:1. Los bajos valores hallados en el análisis podrían ser explicados por el grado de madurez de los frutos utilizados en el proceso, generalmente muy avanzada (madurez grado 5), lo que permite obtener mayor rendimiento de aceite por peso de materia prima (Fig. 3).

**Tabla 1.** Polifenoles, flavonoides y pigmentos en las diversas matrices oleícolas.

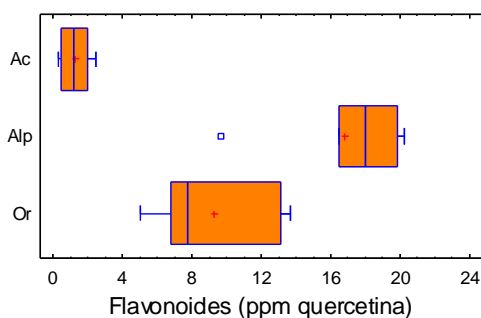
Determinación	Aceite de Oliva		Orujo		Alpechín	
	mg/L	CV%	mg/kg	CV%	mg/kg	CV%
Polifenoles Totales, en AG	127 ± 67	53	1070 ± 519	49	3562 ± 881	25
Flavonoides, en quercetina	1,3 ± 0,9	69	9,3 ± 3,9	42	16,8 ± 4,3	26
Clorofilas, como feofitina a	10,7 ± 13,0	121	----		----	
Carotenoides, como luteína	5,6 ± 5,1	91	----		----	

Respecto de las sustancias fenólicas, dada su naturaleza polar y, por lo tanto, mayor afinidad con los medios acuosos, se observa un comportamiento inverso, siendo la proporción de las halladas en el aceite muy inferior a las remanentes en los orujos y mucho más a las eliminadas en el líquido acuoso desechado. Así, los contenidos de polifenoles totales en las muestras de orujo resultaron aproximadamente 8 veces más

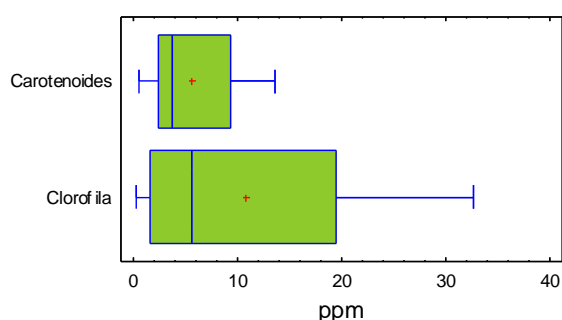
altos que los hallados en el aceite y, a su vez, en los alpechines representaron más del triple de los encontrados en orujo y casi 30 veces más que los retenidos en el aceite. (Fig. 1). Estos resultados permiten considerar la conveniencia de recuperar estas sustancias valiosas a partir de los residuos generados por la industria oleícola.



**Fig. 1.-** Gráficos de dispersión (a) y de Caja y bigotes (b) del contenido de polifenoles totales en las diferentes matrices oleícolas.



**Fig. 2.-** Contenido de flavonoides en las diferentes matrices de industrias oleícolas.



**Fig. 3.-** Contenido de pigmentos en el aceite.

El contenido de flavonoides, como fracción de las sustancias polifenólicas, sigue un patrón relativo de distribución similar al de los polifenoles totales en las diferentes matrices, si bien el contenido absoluto resulta muy bajo y poco significativo (Fig. 2).

En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de los subproductos de la colmena (propóleos y polen), con altos contenidos de sustancias polifenólicas en los productos naturales, pero no en el propóleos comercial (extractos blandos que, en general, no cumplen con las condiciones reglamentarias para asegurar su genuinidad o aptitud para consumo / comercialización)

Los contenidos hallados para PFT en propóleos brutos resultaron similares a los datos publicados por Bedascarrasbure (2004) para esta matriz. Dichos valores estuvieron comprendidos entre 14,3% y 26,0% con una media de 19,9% AGE (CV = 24%), valores que superan muy ampliamente el mínimo de 5% exigido por el C.A.A. Las concentraciones de flavonoides se situaron entre 2,0 y 4,3% con un valor medio de 3,7% QE (CV = 31%). Estos valores también superan en mucho los mínimos reglamentados (0,5%). La relación entre el contenido de PFT y flavonoides arrojó un valor promedio de 5,7. Todas las demás determinaciones presentaron valores

encuadrados en las exigencias del C.A.A., aún algunas reglamentadas no mostradas en la tabla 2, como las sustancias extraíbles en hexano (ceras) y las impurezas mecánicas. En los extractos blandos de propóleos comerciales, en cambio, varios parámetros reglamentados mostraron valores fuera de los límites establecidos, especialmente el extracto seco, insuficiente en todos los casos. Los valores de PFT y flavonoides son bajos, aunque algunas muestras alcanzaron los valores del CAA. Estos resultados podrían tener relación con el contenido de alcohol relativamente bajo encontrado en las muestras analizadas, no mostrado en la tabla.

**Tabla 2.** Características y contenidos de polifenoles totales y flavonoides en propóleos.

Determinación	Propóleos Bruto		Extracto blando de propóleos	
	Valor hallado	Valor CAA	Valor hallado	Valor CAA
Pérdida por calentamiento (100-105°C), en %	1,7 ± 0,7	< 10 %	---	---
Cenizas (500-550°C), en %	1,5 ± 0,4	< 5 %	---	---
Resinas solubles en etanol, en %	56,6 ± 4,5	> 30 %	---	---
Extracto seco (materia seca), en %	---	---	8,6 ± 1,2	> 10%
Índice de oxidación, en s	14 ± 2	< 22 s	11 ± 3	< 22 s
PFT, en % ácido gálico (AGE)	19,9 ± 4,8	> 5 %	0,35 ± 0,2	> 0,25 %
Flavonoides, en % Quercetina (QE)	3,7 ± 1,14	> 0,5 %	0,2 ± 0,1	> 0,25 %
Características de genuinidad	Cumplen		No cumplen	

**Tabla 3.** Composición y contenidos de polifenoles totales y flavonoides en polen.

Determinación	Polen	
	Valor hallado	Valores C.A.A.
Humedad (65°C, 45 mm Hg), en %	---	< 8 %
Cenizas (600°C), en % base seca	3,2 ± 0,4	< 4 %
Proteínas (N x 6,25), en % base seca	23,5 ± 2,3	15 – 28 %
Extracto etéreo, en % base seca	9,1 ± 1,1	---
Hidratos de Carbono totales, en % base seca	49 ± 3,6	45 – 55 %
Fibra bruta, en % base seca	4,4 ± 0,3	---
pH	5,2 ± 0,4	4 – 6
PFT, en % ácido gálico (AGE)	5,7 ± 0,2	---
Flavonoides, en % Quercetina (QE)	0,7 ± 0,2	---
Características de genuinidad	Cumplen	

Aunque el propóleos bruto podría ser una buena fuente de sustancias polifenólicas, para que las mismas puedan ser extraídas y aprovechadas deben cuidarse adecuadamente las condiciones del proceso de extracción

En cuanto a las muestras de polen analizadas, todas cumplen con los valores de los parámetros físico-químicos reglamentados, entre los cuales no se encuentran los contenidos de PFT ni flavonoides. Aunque estas sustancias se encuentran en menor proporción que en el propóleos, su contenido es importante, resultando en una buena fuente para los mismos. Los valores hallados son similares a los reportados por diversos autores (Medina et al., 2009)

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la mayor proporción de antioxidantes naturales de naturaleza polifenólica presentes en el fruto de la oliva se desperdician en los

residuos industriales, siendo la fracción acuosa (que terminará de otro modo formando parte de aguas residuales) la principal fuente de los mismos para su recuperación, aunque los orujos también proporcionan una cantidad significativa.

Los contenidos de polifenoles totales y flavonoides hallados en los propóleos brutos resultaron similares a los informados en la bibliografía, cumpliendo ampliamente con el valor mínimo exigido por el C.A.A. y representando los últimos casi el 20 % del contenido de polifenoles totales.

El polen, aunque en menor cantidad que el propóleos, resulta también una buena fuente de PFT y flavonoides.

Dado que tanto el polen como el propóleos, si bien son subproductos, tienen un alto valor comercial por sus propiedades, su aprovechamiento para separación de antioxidantes de los mismos, estaría ligado a la obtención de productos que mantengan sus propiedades beneficiosas, pero sin las características sensoriales que los hacen poco aceptables para muchos consumidores.

## 6. Bibliografía

Bedascarrasbure, E.; Maldonado, L.; Alvarez, A.; Rodriguez, E. Contenido de fenoles y flavonoides del propóleos argentino. *Acta Farm. Bonaerense* 23 (3) (2004): 369-372.

Chova, M.M.; Peña, F.; Del Campillo, M.C.; Delgado, A. y Díaz, M.A. (2000) Efecto de la corrección de la clorosis férrica en olivar con fosfato de hierro en los parámetros de calidad del aceite de oliva. *Edafología*. Volumen 7 – 2, 9 - 15

Lozano-Sánchez, J.; Segura-Carretero A. y Fernández-Gutiérrez, A. (2010). Composición del aceite de oliva. Volumen: El aceite de oliva virgen, tesoro de Andalucía. ISBN 978-84-92526-30-7. Capítulo 7. En [www.economiaandaluza.es/sites/default/files/capitulo\\_7\\_0.pdf](http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/capitulo_7_0.pdf)

Medina, A., Chaillou, L. y Nazareno, M A. (2009) Relación entre la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles y flavonoides de extractos etanólicos de polen de distinto origen floral. *Actas del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas – Clicap 2009* en CD. ISBN 978-987-575-079-1

Minguez-Mosquera, M. I.; Rejano-Navarro L.; Gandul-Rojas B.; Sanches-Gomez, A.H.; Garrido-Fernández, J. (1991). Color - Pigment Correlation in Virgin Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* 68, 332-336.

Monteleone, J. I.; Zuritz, C.A.; Gascón, A.D.; Morábito, J.A. (2013). Efecto del riego y la poda en el contenido de componentes menores y ácidos grasos del aceite de oliva virgen varietal Farga. *Grasas y Aceites* 64 (4), 369-377.

Oliveras López M. J. (2005). Calidad del aceite de oliva virgen extra. Antioxidantes y función biológica. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

<http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/746/1/15519387>

Piñeiro Emma Conde (2009). “Revalorización de residuos agroindustriales y forestales para la obtención de antioxidantes naturales con aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y/o farmacéutica”.

Samaniego-Sánchez, Cristina.(2006) “Estudio y evaluación de la capacidad antioxidante de aceites de oliva virgen extra”. Tesis doctoral. Universidad de Granada. España.

Valladares Salazar, J. (2009). “Parámetros organolépticos y fisicoquímicos para la caracterización y uso del propóleos a nivel industrial”.

Vázquez, J. C. (2010). Caracterización botánica de los propóleos producidos en distinto origen geográfico en la región apícola I - cuenca del Salado, Pcia. de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

“Parámetros organolépticos y fisicoquímicos para la caracterización y uso del propóleos a nivel industrial”. (<http://es.scribd.com/doc/58037403/parametros-organolepticos-y-fisicoquimicos-para-la-caracterizacion-y-uso-del-propoleos-a-nivel-industrial>).

**ÁREA EDUCACIÓN EN  
CIENCIAS E INGENIERÍA  
TRABAJOS COMPLETOS**



## TABLA DE CONTENIDOS

01TCE - ENSEÑANZA DE ELECTRODINÁMICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA: CONTRIBUCIÓN DEL MODELAJE-EXPERIMENTACIÓN Y SU APOORTE A LA FORMACIÓN PROFESIONAL UTILIZANDO TIC .....	1075
02TCE - LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO HERRAMIENTAS MEDIADORAS DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN QUÍMICA .....	1082
03TCE - PROGRAMA INNOVADOR PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN CURSOS DE GRADO.....	1089
04TCE - LA MODELIZACION Y RESOLUCION DE UN PROBLEMA REAL DE UNA INDUSTRIA SIDEROMETALURGICA APLICANDO ANÁLISIS MATEMÁTICO II .....	1096
05TCE - DILEMAS ÉTICOS EN EL AULA DE INGENIERÍA: UN CASO CONCRETO .....	1103
06TCE - ESTILOS DE APRENDIZAJES, RENDIMIENTO ACADÉMICO E INTERACCIONES EN EL CAMPUS VIRTUAL.....	1109
07TCE - CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA EN LIBROS DE TEXTO UNIVERSITARIOS .....	1116
08TCE - DEBILIDADES EN LIBROS UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA .....	1123
09TCE - EL LABORATORIO DE MATEMÁTICA PARA ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS .....	1131
10TCE - LOS PROYECTOS FINALES DE CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN UTN-FRSF, SU RELACIÓN CON LA CURRÍCULA Y EL PERFIL DEL INGENIERO.....	1138
11TCE - EL LABORATORIO DE FISICA FUERA DEL AULA UNIVERSITARIA .....	1145
12TCE - MODELO DE PERTURBACIÓN PARA EL DIAGNOSTICO COGNITIVO DEL ESTUDIANTE DE INGENIERIA BASADO EN LOGICA DIFUSA.....	1154
13TCE - ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA TENDIENTES A EVITAR LA DISOCIACIÓN ENTRE MATEMÁTICA Y LAS TECNOLÓGICAS.....	1162
14TCE - LA PROBLEMÁTICA DE LA DESERCIÓN EN LOS PRIMEROS AÑOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA .....	1169
15TCE - ENFOQUE ALTERNATIVO DE UNA SIMULACIÓN EDUCATIVA EN UN AMBIENTE VIRTUAL 3D COLABORATIVO.....	1178
16TCE - PERFIL COGNITIVO DINAMICO DEL ESTUDIANTE DE INGENIERIA BASADO EN ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ESTEREOTIPOS .....	1185
17TCE - MODELO DE PLANTA PILOTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS BASADO EN UN ESPACIO DE ENCUENTRO.....	1193
18TCE - EXPERIENCIA DE MEJORA EN EL RENDIMIENTO ACADEMICO EN LA CATEDRA DE ANALISIS MATEMATICO II.....	1200
19TCE - EQUIPAMIENTO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA .....	1207
20TCE - PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA ELÉCTRICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA .....	1212
21TCE - ¿LABORATORIOS VIRTUALES PUEDEN SER OBJETOS DE APRENDIZAJE?.....	1220

22TCE - ¿LABORATORIOS VIRTUALES PUEDEN SER OBJETOS DE APRENDIZAJE? .....	1227
23TCE - MINERALES ARCILLOSOS COMO SOPORTES PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUA: ADSORCIÓN DE COLORANTES .....	1234
24TCE - HERRAMIENTAS METACOGNITIVAS EN LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIOS MEDIADOS POR TIC: UNA EXPERIENCIA EN ELECTROMAGNETISMO .....	1239
25TCE - TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR PARA LA INCORPORACION DE COMPETENCIAS GENERALES Y COMPLEMENTARIAS EN LA FORMACION DEL INGENIERO EN MINAS .....	1246
26TCE - IMPLEMENTACIÓN DE UN CANAL EDUCATIVO EN YOUTUBE PARA APOYAR EL CURSO FÍSICA I PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA UNED DE COSTA RICA .....	1253
27TCE - EL EMPLEO DE TIC COMO RECURSO DE ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO .....	1263
28TCE - FORMACION EN INGENIERIAS: TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR BASADO EN PROYECTOS PARA PROMOVER EL CAMBIO DE CULTURA ORGANIZACIONAL .....	1270

# **01TCE - ENSEÑANZA DE ELECTRODINÁMICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA: CONTRIBUCIÓN DEL MODELAJE-EXPERIMENTACIÓN Y SU APOORTE A LA FORMACIÓN PROFESIONAL UTILIZANDO TIC**

**ECHAZARRETA, D R<sup>1</sup>; HAUEDEMAND, N Y<sup>1</sup>.**

**Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional  
Ingeniero Pereira 676. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.  
E-mail: echazad@frcu.utn.edu.ar , haudemann@frcu.utn.edu.ar**

## **Resumen**

La problemática abordada en el presente trabajo es sobre los estudiantes de las carreras de ingeniería que presentan dificultades en el aprendizaje de los fenómenos electrocinéticos. Algunas investigaciones se han planteado con el propósito de identificar las concepciones alternativas que prevalecen en los estudiantes sobre este concepto y se afirma que “raramente la exposición de las ideas científicas ‘correctas’ hace abandonar a los alumnos sus ideas previas, las cuales suelen permanecer inalteradas después de largos períodos de enseñanza, e incluso conviven con las ideas científicas” (Bohigas y Periago, 2005).

El objetivo general de este trabajo es indagar acerca del papel de la modelación y las experiencias de laboratorio en la enseñanza y el aprendizaje de Física, especialmente en fenómenos electrocinéticos, en las carreras de ingeniería que se dictan en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay. Analizando qué aprenden los estudiantes en los laboratorios de física, cuál es la contribución del modelaje y experimentación y su aporte a la formación profesional del ingeniero utilizando tecnologías de información y comunicación (TIC).

En particular este trabajo profundiza la investigación exploratoria y descriptiva, que el equipo de indagación viene desarrollando sobre las distintas estrategias de enseñanza y aprendizaje, utilizando modelos y experiencias de laboratorio y cómo de este modo se puede contribuir a la comprensión de conceptos y a la resolución de problemas ingenieriles que dan origen a las especialidades.

La evaluación de las soluciones propuestas a los problemas, resueltos por los diferentes grupos de alumnos, se realiza a través de la construcción de dispositivos (circuitos eléctricos) y la discusión de los informes correspondientes, en un debate constructivo, involucrando una reflexión sobre las dificultades encontradas en el desarrollo de la propuesta. Además, solicitando a los alumnos participantes que respondan un cuestionario donde brindan información sobre temas de aprendizaje tales como: Planificación de las tareas, Metodología de trabajo, Conocimientos Previos, Relación Docente-Alumno, etc.

Podemos concluir parcialmente que trabajar sobre estrategias de enseñanza de Física, en el área electricidad, con esta modalidad resulta motivador para los alumnos puesto que les permite entender el por qué de Física en las carreras de ingeniería y la importancia de la utilización de TIC en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas planteados.

## Introducción

Entre las concepciones encontradas en distintas investigaciones, Pozo y Gómez (2000) describen que los alumnos universitarios de los primeros años presentan dificultades para distinguir y utilizar algunos conceptos como: diferencia de potencial, voltaje, corriente, energía, potencia, etc.; los términos electricidad, voltaje y corriente eléctrica son utilizados como sinónimos y se asume esta última, como un fluido material que se almacena en una pila y se consume en el circuito.

La modelización y experimentación en el laboratorio puede ser un momento clave para que los alumnos pongan de manifiesto sus ideas sobre el mundo físico y las contrasten, ya sea con los datos que observan, con hipótesis alternativas, con la formulación simbólica de las teorías, mediciones, etc.

Teniendo en cuenta lo antes dicho es que se realizaron experiencias con alumnos de las distintas especialidades de las carreras de ingeniería que se dictan en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, donde se desarrollan los temas planteados. De igual manera se encontraron dificultades en los estudiantes del aprendizaje de contenidos relacionados con el fenómeno de la generación de corriente alterna y en particular a circuitos eléctricos compuestos por distintos elementos (resistencias, capacitores, etc) asociadas de diversas maneras.

Para intentar resolver el problema del aprendizaje es que proponemos la alternancia de la construcción de los circuitos con los elementos de laboratorio y el modelaje con programas utilizando pc. Los resultados son muy alentadores pues permitió disminuir de forma considerable las dudas sobre los fenómenos de corriente eléctrica y los efectos que provoca en circuitos.

Los circuitos fueron construidos con elementos disponibles en el laboratorio, de la misma manera se trabajó con un programa de acceso gratuito disponible en la red. Finalmente se contrastan los resultados obtenidos en las mediciones de laboratorio y los resultados obtenidos con la simulación. De esta manera fomentamos un juicio crítico sobre la utilización de TIC en temas como la electrocinética.

Resulta muy útil el tratamiento de las ideas previas de los alumnos como una fuente de información necesaria para el desarrollo de los contenidos y diseño de estrategias de enseñanza que incorporen recursos didácticos innovadores, como: modelado, experimentación, y simulaciones con dispositivos de Física interactiva.

El modelo didáctico predominante en las cátedras de Física de las carreras de Ingeniería de la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional es constructivista, se parte de las ideas previas de los estudiantes y las actividades que se proponen constituyen una serie de situaciones de aprendizaje en la que los alumnos construyen sus propios significados, así la función del docente es la de mediar en la construcción del conocimiento.

También se presentan momentos de clases magistrales donde el equipo docente expone el marco teórico introduciendo la dimensión histórica referente a cómo los científicos Gilbert, Otto von Guericke, Franklin, Volta en el siglo XVII y XVIII, investigaron la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos de manera separada, llegando a conclusiones coherentes con sus experimentos, pero es a principios del siglo XIX cuando, Oersted encontró evidencia empírica de que los fenómenos magnéticos y eléctricos estaban relacionados. De ahí es que los trabajos de físicos como Ampere, Henry, Faraday en ese siglo, son unificados por Maxwell en 1861 con un conjunto de ecuaciones que describían ambos fenómenos como uno solo, como un fenómeno

electromagnético, este recorrido histórico que los científicos debieron superar y así alcanzar el marco teórico actual necesario para abordar el tema, es una trayectoria que resulta interesante de incluir en las clases, pues quizás nuestros alumnos tienen ideas sobre ciencia que pueden entrar en conflicto con la teoría y modelos enseñados en clase. (Haudemand y Echazarreta, 2009).

Otra dificultad que se trata en las clases son las competencias lingüísticas, se trabajan utilizando libros de textos de nivel superior en la solución de preguntas de reflexión con el fin de evaluar la transferencia de conocimientos; se incluyen propuestas de resolución de ejercicios tipo que requieren de contenidos como: fuerza electromotriz inducida, ley de Faraday, ley de Lenz, fuerza electromotriz de movimiento, inductancia, circuito R-L-C. (Sears, 2005)

Como actividad central se propone un trabajo de laboratorio con la construcción de un circuito de corriente alterna y distintos componentes (resistencias, capacitores y bobinas), realizando mediciones de diferencia de potencial e intensidad de corriente.

Finalmente después de haber realizado la puesta en común y debate sobre los resultados del experimento se presenta una actividad de integración con la formulación de una situación problemática abierta con todos los conceptos trabajados en el laboratorio que tiene relación con la formación profesional.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

En este apartado describiremos las actividades propuestas a los estudiantes en las diferentes etapas de los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema en estudio, así como los resultados obtenidos por los mismos.

Para el tratamiento de las ideas previas y las actividades de introducción, se proponen experimentos cualitativos con una hoja de ruta o protocolo, como por ejemplo: armar el circuito de la figura (Fig 1 y Fig 2) con la ayuda de un simulador y observar el gráfico de la señal de salida en el osciloscopio. Modelar el circuito con la ayuda de un programa informático (Electronic Work Bench) y observar la gráfica.

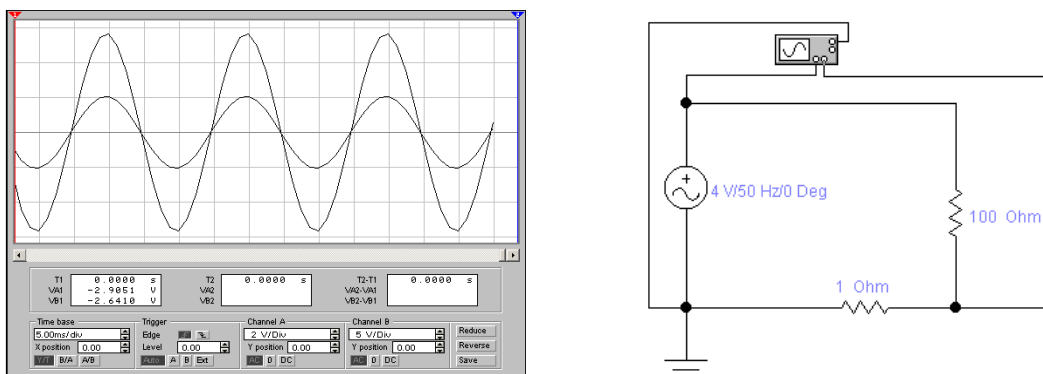


Figura 1

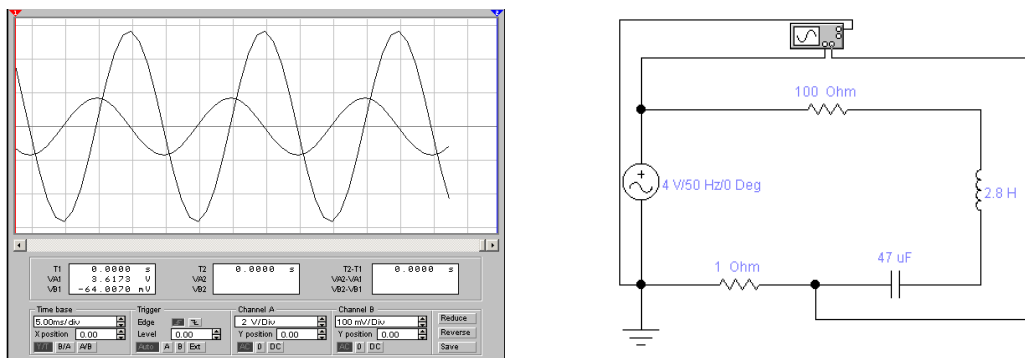


Figura 2

Los alumnos luego del desarrollo propuesto en primera instancia deben responder a las preguntas:

- ¿Como resultan las gráficas que representan a los distintos elementos del circuito?
- ¿Reconocen la función que aparece en los gráficos?
- ¿Dónde se ubican los máximos y mínimos de las funciones?

## PROPUESTA DE ACTIVIDAD

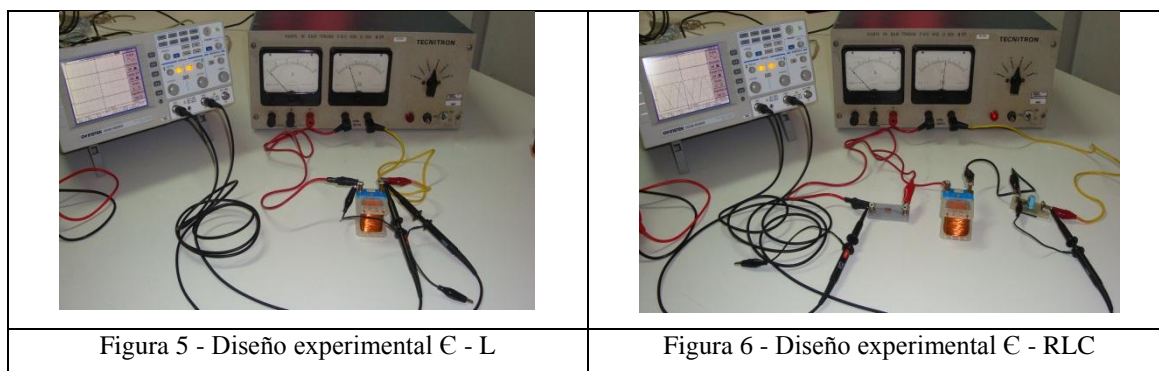
A partir de la exploración de los conocimientos preliminares, los que fueron relevados en forma oral, se propone un experimento con equipamiento de bajo costo (resistencias, bobinas y capacitores), conectados a una fuente de corriente alterna.

A los circuitos como muestran las figuras anteriores; se los conecta al osciloscopio, con el objetivo de visualizar el valor máximo de la tensión de la fuente y el valor máximo de la corriente (Fig 3 y Fig 4).

Los alumnos toman nota de los valores obtenidos en el osciloscopio y los valores dados por los instrumentos de medición (amperímetro y voltímetro), luego se realizan cálculos para determinar los valores eficaces y qué influencia tienen estos valores con la potencia consumida por los circuitos (Fig 5 y Fig 6).

## Diseño de Circuitos

<p>Figura 3 - Diseño experimental C – R</p>	<p>Figura 4 - Diseño experimental C - C</p>



## EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Con la finalidad de conocer la opinión de los estudiantes participantes sobre los diferentes aspectos de la estrategia propuesta y desarrollada, se elaboró y aplicó un cuestionario validado (Sampieri, R et al., 2000) donde se solicita la opinión de aspectos generales sobre la planificación y presentación del trabajo experimental, metodología pedagógica e integración de los contenidos, así como la relación con las asignaturas de formación profesional. Las categorías de evaluación fueron en una escala de: MB (sí, muy bueno), B (bueno, suficiente o adecuado), R (regular o insuficiente), M (No o muy insuficiente).

En lo referente a la planificación y presentación del informe grupal, los estudiantes opinan (81%), que los objetivos formulados resultaron acordes con los conceptos teóricos desarrollados por el equipo de cátedra, que no tuvieron dificultades para interpretar las consignas enunciadas, y que pudieron cumplir con las tareas y actividades propuestas Fig.7

Los resultados de la Fig. 8 muestran que en los aspectos evaluados como la preparación previa, el 62% de los estudiantes considera que la misma es adecuada para resolver las actividades propuestas por el equipo de cátedra, frente a un 38 % que opina que tuvieron algunas dificultades, pues en la escuela secundaria la física estuvo orientada hacia la mecánica.

En cuanto a la participación de los alumnos opinan que este tipo de propuestas les resultan muy motivadoras aunque el grado de complejidad para la elaboración del trabajo propuesto sea elevado.

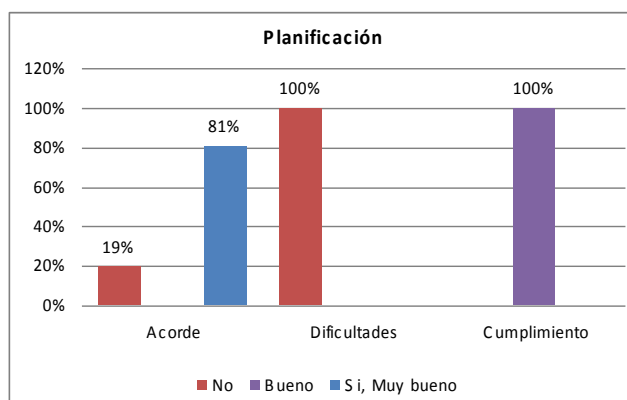


Figura 7

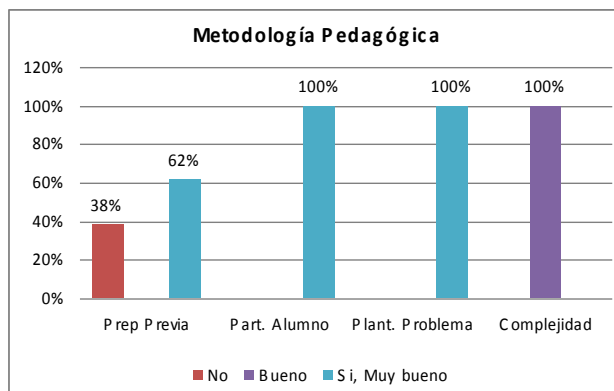


Figura 8

Con referencia a la integración de los contenidos de Física II – Electromagnetismo - consideran que es muy bueno. El 73 % juzga que la integración disciplinar y en particular con la Materia Integradora (MI) es insuficiente, atribuyendo la misma a que los problemas planteados en ella (MI) no requieren de conocimientos específicos de Física II (Fig.9)

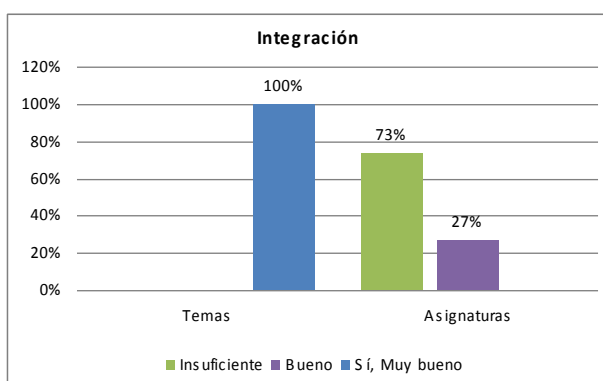


Figura 9

## CONCLUSIONES

La enseñanza de la Física en el nivel universitario a través de propuestas de actividades que se encuentran en sintonía con los intereses de los alumnos en función de su aprendizaje, favorecen la comprensión de los contenidos mediante la visualización y manipulación (Petrucci, 2006).

El uso de estrategias didácticas interactivas, como los experimentos en el laboratorio, las demostraciones, el uso de software educativo que refuerzan los contenidos abordados, el tratamiento de las ideas previas con estrategias interesantes, requieren además de la relación estructural con tiempos efectivos, laboratorios adecuados que permitan el desarrollo del trabajo centrado en la actividad del alumno.

En opinión de los alumnos esta metodología de trabajo permite comprender los conceptos de electromagnetismo y en especial corriente alterna, desde diferentes ángulos de diversa complejidad y así observar factores de la vida real que resultan



motivantes, pertinentes y válidos para brindar un mayor poder de explicación y estar relacionados así con la formación profesional.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Bohigas, X., & Periago, C. (2005). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de ingeniería. *Revista electrónica de investigación educativa*, 7(2), pp 1-23.

Guisasola, J M. Almud y Kristina Zuza (2010). Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. (University students' difficulties in learning electromagnetic phenomena. *Revista Brasileira de Enseñanza de Física*, v. 32.

Haudemand, R. y Echazarreta, D. (2009). Resolución de Problemas Integradores en la Enseñanza de la Física para Estudiantes de Ingeniería Civil. *Formación Universitaria*. Vol.2 (6) ,31-38 doi: 10.1612/form. Univ.4297fu.09-Chile.

Petrucchi, D y otros. (2006).Cómo ven a los trabajos de laboratorio de física los estudiantes universitarios, *Revista de enseñanza de la Física*, vol 19 N°1, pp 9-18. Argentina.

Pozo, J. & Gómez Crespo, M. (2000). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento científico al conocimiento cotidiano (Segunda ed.). Ediciones Morata, S. L.

Sears, F. (2005). Física universitaria con física moderna (Undécima ed., Vol. 2). Pearson Education de México, S. A.

Sampieri, R. y otros. (2000). Metodología de la Investigación (Segunda Ed). Ed Mac Graw Hill, pp 240. México.

Serway, R. & Jewett, J. W. (2005). Física para ciencias e ingeniería. International Thomson Editores, S. A.

## **02TCE - LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES COMO HERRAMIENTAS MEDIADORAS DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN QUÍMICA**

**CLAVIJO, SA, SERRANO, GA, RUIZ ALCANTÚ, NA, MAUCERI, DA,  
MAYORAL, A.A**

**<sup>A</sup> Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, UNCuyo, Argentina  
[scclavijo@fcai.uncu.edu.ar](mailto:scclavijo@fcai.uncu.edu.ar)**

**Resumen.** El uso generalizado de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha logrado impactar todos los ámbitos de la actividad humana. El acceso más simple se da a través del uso de computadoras e internet. Los nuevos programas presentes en las PC colaboran también y se vuelven indispensables para el establecimiento de clases con recursos tecnológicos motivadores.

Este trabajo presenta la investigación de una experiencia desarrollada con futuros profesores de química que realizaron su residencia docente en escuelas de enseñanza media. Durante las prácticas se emplearon simulaciones dentro del campo conceptual de la química. El objetivo del trabajo es investigar si el uso de las tecnologías emergentes contribuye en la construcción del conocimiento. Se solicitó a los alumnos que presentaran textos argumentativos sobre el tema para que los futuros docentes de química pudieran constatar si se produjo aprendizaje significativo de los conceptos vistos en clase y si la herramienta informática contribuyó en este sentido. El análisis de los mismos se realizó mediante el modelo de argumentación de Toulmin. Los resultados obtenidos demuestran que los alumnos son capaces, en breve tiempo, de mejorar su actitud y destreza respecto a las implicaciones, ventajas y manejo instrumental de las TIC, así como construir conocimientos de mayor nivel y utilidad práctica, centrados en los objetivos propuestos en la unidad curricular respectiva.

### **Introducción:**

Las tecnologías emergentes han llegado a ser uno de los pilares básicos de la sociedad y hoy es necesario proporcionar al ciudadano una educación que tenga que cuenta esta realidad. Las posibilidades educativas de las TIC han de ser consideradas en dos aspectos: su conocimiento y su uso. Muchos trabajos hacen referencia al rol de las simulaciones en la enseñanza de las ciencias [Erduran et al., 2004]. Dentro de la multiplicidad de recursos en acelerado desarrollo que proporcionan las TIC, constituyen una herramienta que permite al alumno tomar un papel activo en la adquisición de conocimiento.

Las simulaciones o applets (anglicismo derivado de "application -let") son representaciones gráficas, animadas y simbólicas de modelos científicos; técnicamente pueden ser caracterizados como herramientas de software que permiten simular procesos fisicoquímicos representados por una pantalla gráfica. Permiten modificar el valor de las variables y obtener diferentes resultados. La interactividad es el elemento

distintivo de las simulaciones y puede definirse como una relación activa que se establece entre el usuario y la computadora. El objetivo al usar un simulador en clases es que el estudiante desarrolle habilidades de pensamiento como la comparación, el análisis, la relación, la deducción, y la argumentación que permite elaborar refutaciones y conclusiones. En las clases de Química, las prácticas de laboratorio constituyen una parte esencial del trabajo de clase. A través de estas experiencias áulicas, el docente se propone que el alumno no sólo aprenda a familiarizarse con el trabajo que realizan los científicos, sino también que los conceptos teóricos aprendidos en clases adquieran significado en experiencias concretas.

Con base en los resultados de la investigación didáctica se ha planteado la necesidad de integrar coherentemente en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio y la introducción de conceptos. Al trabajarlos de manera unificada se convierten en un fuerte apoyo a las propuestas de aprendizaje de las ciencias como un proceso de investigación dirigida [Marchisio et al., 2006]. En esta visión, el trabajo experimental es una herramienta valiosa que permite el uso de procedimientos aceptados y validados por la comunidad científica para comprobar las conjeturas, predicciones e hipótesis emitidas. Incorporar Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación a las clases de Química, es una tarea necesaria. Sin embargo, dicha inclusión debe ser orientada partiendo de reflexiones adecuadas en torno al potencial que la tecnología ofrece: ¿Qué puede proporcionar la tecnología en una clase de química, que no puede obtenerse de otra manera?

La respuesta a este interrogante puede estar relacionado con:

- El campo de las representaciones de los modelos químicos.
- El campo de la simulación de los procesos químicos y físicos, (simulación de laboratorios virtuales, reacciones químicas, etc).
- El desarrollo de competencias argumentativas y resolutorias: En este sentido dentro de la resolución de problemas, la inclusión del software de laboratorio virtual puede contribuir a la contrastación de hipótesis inmediata y al manejo de variables.

A raíz del Programa Conectar Igualdad desarrollado en la República Argentina, la herramienta informática se halla presente en la mayor parte de las aulas de enseñanza media. Los futuros Profesores de Química que egresan de la Universidad, deben estar preparados para poder trabajar en clase con estos recursos dentro del marco de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.

Una ventaja directa de la aplicación de las tecnologías emergentes al campo educativo y concretamente en las prácticas de laboratorio de Química, es la posibilidad que ofrecen para: la simulación de fenómenos, toma y manejo de datos experimentales, mejoramiento de diseños experimentales y predicción de resultados a condiciones estándar. También permite la manipulación de reactivos peligrosos y gasto de reactivos excesivos.

Tanto la teoría constructivista del aprendizaje como el modelo de aprendizaje por descubrimiento guiado, atribuyen al alumno un papel activo en la adquisición del conocimiento. El uso de simulaciones multimedia, acompañadas de un programa guía

de actividades adecuado, favorece que la información no se presente a los alumnos de manera expositiva, sino en un entorno abierto de aprendizaje en el que se promueva que sean ellos mismos quienes construyan su propio conocimiento, mediante la indagación, la resolución de problemas, los razonamientos hipotético-deductivo e inductivo y el trabajo cooperativo entre compañeros [Giuliano, 2006].

La bibliografía indica que el mayor éxito se alcanza cuando un profesor motivado crea, elabora y diseña un material didáctico, fundamentalmente para el uso de sus propios alumnos, lo que ofrece la máxima comunicación, referencia, flexibilidad y utilización real del material didáctico [Esquembre, 2004]. Pero el diseño de simulaciones por los propios profesores puede resultar una actividad difícil, que requiere un dominio considerable de las aplicaciones tecnológicas y de la conformación de grupos de trabajo multidisciplinarios. Una opción más recomendable es usar las simulaciones de libre distribución que se encuentran en la Internet, donde se pueden encontrar recursos cuyo diseño está apegado a los modelos científicos. Para un profesor no programador es difícil crear un programa interactivo o applet, pero no le resulta difícil crear una página Web en la que puede insertar un applet de libre distribución descargado de Internet. En el desarrollo de este trabajo se ha instruido a los futuros docentes de ciencias en el uso y búsqueda de simulaciones para implementar en el aula. Se les ha instruido también en el análisis de argumentos mediante un modelo de argumentación inductiva que permite estudiar la evolución en las capacidades cognitivas de los alumnos.

### **Objetivo:**

1) Utilizar tecnologías emergentes en situaciones de aprendizaje que potencien el aprendizaje significativo, la enseñanza mediante la resolución de problemas y contribuyan al desarrollo de la competencia digital y argumental.

### **Metodología**

El problema central de la propuesta es la incorporación de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación al modelo de enseñanza y aprendizaje por parte de los profesores participantes. Específicamente se espera dar cuenta de cómo los simuladores contribuyen a mejorar la enseñanza de las prácticas de laboratorio habituales y la relación entre éstas y los conceptos teóricos aprendidos en el aula. Para alcanzar este objetivo se han incluido simulaciones, animaciones, y algunos elementos computacionales en clases de química. De acuerdo al modelo propuesto por Jonassen [Jonassen, 1996], la simulación se considera una herramienta mental al servicio de la construcción del conocimiento.

Se trabajó con dos grupos de alumnos que asisten a la misma modalidad y pertenecen a la misma franja etaria. Ambos grupos (Grupos A y B) trabajaron con las mismas guías de estudio y prácticas de laboratorio, en relación al tema Disoluciones. Solo uno de los grupos (El grupo A) trabajó con simulaciones previamente a la realización de prácticas de laboratorio y con animaciones durante las clases teóricas.

Para conocer las ideas previas de los alumnos en torno al tema disoluciones se realizó una evaluación diagnóstica.

Al tomar conocimiento de lo que pensaban los alumnos sobre los conceptos de soluto y solvente, se realizaron actividades en las aulas tendientes a explicar el proceso de disolución y a continuación se utilizó con el grupo A el software <http://phet.colorado.edu/es/simulation/sugar-and-salt-solutions>, a fin de que los alumnos pudieran observar las diferencias entre sus ideas previas y lo aprendido mediante la simulación.

Seguidamente con el mismo grupo, se trabajaron los conceptos de concentración de soluciones: molaridad y normalidad, utilizando el software <http://phet.colorado.edu/es/simulation/concentration>, al que siguieron prácticas de laboratorio y la resolución de problemas en el aula.

Al finalizar las clases de laboratorio posteriores al uso del simulador se pidió a los alumnos que redactaran un informe. Los textos volcados en estos informes fueron analizados por el residente docente mediante el empleo de la argumentación inductiva a través del modelo TAP (Modelo de argumentación de Toulmin).

Los alumnos del grupo B realizaron prácticas sin el empleo de las tecnologías emergentes, y los informes de las actividades de aula y laboratorio también fueron analizados mediante argumentación inductiva.

El cuadro que se muestra a continuación es un ejemplo del análisis de argumentos, realizado mediante el modelo de argumentación de Toulmin [Toulmin, 1958].

Tabla 1: Análisis de argumentos mediante modelo de Toulmin

ARGUMENTO Alumno 1	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
La concentración de una solución se puede expresar de diferentes formas. Mediante unidades físicas hablamos de gramos de soluto en gramos de solvente o gramos de solución, o también en gramos de soluto por centímetros cúbicos de solvente o de solución. Cuando expresamos la concentración en unidades químicas empleamos conceptos como molaridad (g/mol) o normalidad (n° de masa equivalente-gramo de soluto por litro de solución). Aunque use diferentes formas para presentar la concentración de la solución, siempre tendremos la misma cantidad de solvente y soluto si no variamos la temperatura. Debemos tener en cuenta si la expresión de la concentración es dependiente o no de la temperatura	Datos (Grounds)	Mediante diferentes tipos de unidades es posible expresar la concentración de una solución
	Apoyo o respaldo (Backing):	Puedo utilizar unidades físicas o químicas que difieren en la expresión que utilizan para calcular la concentración
	Garantía (Warrant):	<b>Aunque una solución tenga siempre la misma cantidad de soluto y solvente puede nombrar la concentración de diferente forma.</b>
	Conclusiones (Claim):	Existen diferentes formas de expresar la concentración de una solución
	Calificadores modales (Qualifiers):	Debemos tener en cuenta
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	La temperatura es una variable que afecta la expresión de la concentración

El criterio seguido para evaluar la competencia argumentativa considera:

Argumentación completa: Se considera que la argumentación efectuada por los estudiantes es "completa" cuando se identifican los datos, la tesis y la garantía de manera explícita. Cuando la garantía de un argumento no aparece en el enunciado del mismo, se la llama garantía implícita.

Argumentación incompleta: Los argumentos incompletos son aquellos en los cuales, si bien los alumnos son capaces de identificar los datos y la tesis, la garantía a la que recurren aparece de manera implícita. En el discurso no científico suelen dejarse implícitas las garantías ya que pueden formar parte de un consenso. Sin embargo, cuando los alumnos argumentan en ciencia creemos que deben hacerse explícitas las leyes o principios involucrados.

No existe argumentación: No se reconoce un argumento como tal, no solo cuando el principio o ley no aparecen en el argumento, o es incorrecto, sino cuando a pesar de poder identificarse los datos y la tesis, la garantía no figura de forma implícita o explícita.

Argumentación correcta: las conclusiones son correctas cuando responden a la ley o fenómeno estudiado, de esta forma, al contar con una conclusión correcta el argumento es válido.

Cabe destacar que es necesario aprender a analizar argumentos, en primer lugar para poder identificar las dificultades que manifiestan los estudiantes con algún tema en particular, y en segundo lugar, para poder enseñar a los estudiantes a elaborar argumentos complejos.

### **Resultados y Discusión**

El análisis de los argumentos elaborados por los alumnos de ambos grupos (Grupo A y B) en los informes de laboratorio y en la evaluación final, permitió la obtención de los siguientes resultados

Grupo A	Grupo B
El 46 % de los alumnos fue capaz de elaborar argumentaciones completas y correctas desde el punto de vista de la argumentación inductiva de Toulmin. Un 20 % de los alumnos pudieron incorporar refutaciones (las excepciones a la ley o garantía) en sus argumentos.	El 68 % de los alumnos fue capaz de elaborar argumentaciones completas y correctas desde el punto de vista del modelo de argumentación de Toulmin. Un 18 % de los alumnos pudieron incorporar refutaciones (las excepciones a la ley o garantía) en sus argumentos.

Los resultados presentados demuestran que a través del uso de una herramienta heurística, es posible evaluar los argumentos esgrimidos por estudiantes de enseñanza media; y la capacidad puesta de manifiesto para argumentar en el ámbito científico.

De acuerdo a los datos presentados, la enseñanza a través de las TIC permitió a los alumnos mejorar la competencia argumentativa.

No obstante desde el punto de vista de los residentes docentes lo aconsejable es ir probando algunos de los recursos que ofrecen las tecnologías emergentes de manera paulatina y siempre dentro de una planificación docente clara y meditada. Esta planificación debe incluir, como elemento esencial, el tiempo y los mecanismos necesarios para la evaluación de la experiencia de incorporación controlada del recurso concreto y en este sentido una de las formas de poder evaluar esta experiencia es a través de herramientas que permitan estudiar las características argumentales de los alumnos. De este modo avanzaremos en la mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje que todos ansiamos, y en la mayor calidad profesional y satisfacción por nuestro trabajo. Son dos los requerimientos para que un docente se lance en el camino de la innovación, con apoyo de las TIC:

——Disponer de aplicaciones de las TIC que le permitan hacerlo.

——Disponer de la formación adecuada que le permita abordar el uso docente de las TIC.

## **Conclusiones**

De los resultados estadísticos y los análisis argumentales realizados en base a las producciones de los alumnos se puede concluir que:

- El uso de la herramienta informática es útil para ayudar al alumno en la construcción del conocimiento científico.
- Cuando los alumnos han utilizado un simulador de prácticas de laboratorio antes de asistir al laboratorio y las simulaciones han sido acompañadas de guías cuyo objetivo es el desarrollo de habilidades de pensamiento como la capacidad de analizar, modelar fenómenos y construir argumentos, la práctica de laboratorio desarrollada en un ambiente de trabajo cooperativo permite alcanzar aprendizajes significativos evidenciados en la capacidad de elaborar conclusiones y refutaciones a partir de los datos experimentales obtenidos.
- Es posible desarrollar la capacidad de futuros docentes de ciencias, de analizar y evaluar argumentos mediante la aplicación del Modelo de Toulmin, aspectos fundamentales en su formación, puesto que deben aplicar el conocimiento científico para resolver problemas de diversa índole, a través de propuestas que deben ser validadas y correctamente argumentadas.
- Los argumentos que carecen de refutaciones, pueden ser resultado de un aprendizaje memorístico, y denotar que el alumno no ha podido realizar una reestructuración en sus conocimientos que conduzca a poder analizar bajo qué condiciones es posible aplicar la premisa que está constituida por datos y garantías. Así, las discusiones con refutaciones, creemos, son un elemento condicionante de un argumento de calidad y demuestran una capacidad superior del arte de argumentar dentro de las discusiones y reflexiones científicas.

## **Agradecimientos**

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo.

## Referencias

- [1] Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2004). Arguing to learn and learning to argue: case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.
- [2] Álvarez, F., Franco, E. (2008). Los Simuladores, estrategia formativa en ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista Virtual Universidad Católica*, Vol. 21. [Investigación\\_simuladores.pdf](#).
- [3] Esquembre, F. (2004). Creación de simulaciones interactivas en Java: aplicación a la enseñanza de la Física. Madrid: Pearson Educación.
- [4] Giuliano, M., Marchisio, S. y otros. (2006). Diseño de simuladores para un curso a distancia dirigido a docentes de Física de distintas jurisdicciones de Argentina. *Current Developments in Technology-Assisted Education*
- [5] Hernández, Miguel; Hernández, Sara. (2004) "Análisis de la intertextualidad y la Argumentación en el contexto educativo" *Revista Mexicana de investigación educativa*, abril-junio 2004. Vol IX, N° 021
- [6] Jiménez Aleixandre, M y Díaz De Bustamante, J., (2003) "Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas" *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21 (3), 359 – 370 <http://ensciencias.uab.es/>.
- [7] Jonassen, D.H., & Reeves, T.C. (1996). Learning with technology: Using Computers as cognitive tools. In D.H. Jonassen (Ed), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 693-719). New York: Macmillan.
- [8] Kofman, H. (2000). Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física. *Revista Educación en Física* Vol.6, 13- 22.
- [9] Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press



## 03TCE - PROGRAMA INNOVADOR PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN CURSOS DE GRADO.

SACERDOTI A.<sup>1,2</sup>, GUTIERREZ E.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería FIUBA. Paseo Colón 850 CABA. Argentina.

<sup>2</sup>UNLAM. Florencio Varela 1904. San Justo. Provincia de Buenos Aires.  
Argentina.

[asacerdo@unlam.edu.ar](mailto:asacerdo@unlam.edu.ar) [mabeledith@gmail.com](mailto:mabeledith@gmail.com) .

### Resumen

Es usual un enfoque clásico en la mayoría de los cursos de Estadística. Sin embargo, nosotros consideramos que es mejor para el alumno comenzar con un enfoque bayesiano, por dos motivos fundamentales: no requiere mayor nivel que un cálculo matemático de grado universitario, así como tampoco la introducción de nuevos conceptos complejos para ellos, es útil por sus aplicaciones en otras materias y en su ejercicio profesional. Para lograr un aprendizaje de Estadística Bayesiana en los cursos elementales se propone un modelo de programa para los mismos.

**Palabras claves:** *Estadística Bayesiana, aprendizaje, programa del curso.*

### 1. Introducción

Hay dos corrientes fundamentales en el pensamiento estadístico. Se hace referencia a ellas como las filosofías clásica o de Fisher y la Bayesiana. En los cursos elementales o de grado es común la enseñanza de la Estadística con el enfoque clásico. La Estadística Bayesiana, si es que se enseña, es presentada después de la Estadística clásica. Un aspecto muy importante a destacar es que actualmente el desarrollo de la computación ha revolucionado la aplicación de los métodos Bayesianos en campos tan diversos como la bioestadística, la economía, el mapeo genético etc. Las dificultades que podían existir en el pasado por los cálculos involucrados en las estimaciones Bayesianas, actualmente se resuelven con sencillez gracias a la accesibilidad a los recursos computacionales.

Se ha estado trabajando sobre la base de un enfoque Bayesiano en cursos de Ingeniería de UBA y de UNLAM de la República Argentina durante 15 años. Las ventajas que se han notado para estimar un parámetro desconocido  $\theta$ , básicamente son:

- a) los intervalos Bayesianos se pueden calcular con muestras pequeñas, sin embargo otras filosofías necesitan muestras grandes o el resultado que se puede obtener con esos métodos usando muestras pequeñas proporciona una información irrelevante o incompleta.
- b) se puede estimar el valor de  $\theta$  a pesar de que a priori no se tenga formalmente una información respecto de él.
- c) se puede predecir probabilidades acerca de futuras observaciones de la población de parámetro  $\theta$  aplicando conceptos conocidos por los alumnos.
- d) Los cálculos se pueden resolver aplicando programas estadísticos.
- e) Los estimadores Bayesianos no necesitan de la aproximación asintótica a la normal, como sucede con los E.M.V(estimadores de máxima verosimilitud).

## 2. Objetivos

Se tiene como objetivos fundamentales que : 1) los alumnos conozcan una filosofía diferente a la clásica y una herramienta muy útil para resolver problemas de la vida diaria que impliquen la toma de decisiones bajo condiciones de incerteza medibles con el cálculo de probabilidad. Siendo capaces de saber elegir entre métodos clásicos y bayesianos, evaluando costos y beneficios de su elección. 2) ofrecer a los alumnos la posibilidad de trabajar con métodos bayesianos en los casos de un solo parámetro con el apoyo de paquetes estadísticos para la obtención de los resultados numéricos específicos en cada caso en particular que deban resolver.

## 3. Metodología

El programa de enseñanza de Estadística Bayesiana que se presenta se organiza en las siguientes partes: una primera que consiste en la presentación de los fundamentos básicos de la Estimación Bayesiana de un parámetro  $\theta$  desconocido, una segunda en la cual se calculan funciones a posteriori y sus aplicaciones y una tercera que consiste en el cálculo de funciones predictivas. Se desarrolla en forma esquemática en que consiste cada una de ellas.

### 3.1. Fundamentos básicos de la estimación Bayesiana

Se enuncian a continuación una serie de ideas que son el eje del programa de enseñanza de Estadística y se exponen a los alumnos para ir fijando los conceptos fundamentales del enfoque Bayesiano:

❖ ***La probabilidad es una medida de la información que dispone el modelizador sobre la experiencia modelizada.***

Distintos modelizadores con diferente información tendrán un valor distinto de probabilidad para un mismo suceso.

Ejemplo1:

La probabilidad de obtener un as de espada al sacar un naipe de una baraja de 40 cartas españolas es

$$P(ASE) = \frac{C_f}{C_t} \quad (1)$$

$$P(ASE) = \frac{1}{40}$$

*ASE: As de espada.*

*C<sub>f</sub>: casos favorables.*

*C<sub>t</sub>: casos totales.*

Si otra persona sabe que la carta se extrae entre las cartas que son de espadas la probabilidad de as de espada para esta persona es 1/10.

$$P(ASE / E) = \frac{C_f}{C_t}$$

$$P(ASE / E) = \frac{1}{10}$$

*E: Espada.*

*ASE/E: As de espada sabiendo que es una carta de espada.*

- ❖ *Todo parámetro desconocido es una variable aleatoria.*
- ❖ *El modelo estadístico dado por la función densidad o probabilidad del parámetro desconocido a priori es la descripción de la información disponible sobre la experiencia.*
- ❖ *La esencia de la estimación Bayesiana es la de “medir” a través de la función de densidad la información disponible sobre el parámetro.*
- ❖ *La información a posteriori se puede entender como la información a priori más la información de la muestra.<sup>1</sup>*
- ❖ *En la medida que no se tenga ninguna información sobre el parámetro, la función a priori que representa esta situación es la uniforme. Es decir a priori  $f(\theta) = k$  si  $\theta \in \mathcal{R}$ , la información a priori es que  $\theta$  tiene igual probabilidad de caer en cualquier intervalo del tipo  $(a, a+w)$  y  $(b, b+w)$  de igual amplitud de su espacio paramétrico  $\Omega$ , en este sentido la distribución de probabilidades “a priori” del parámetro es equiprobable.*
- ❖ *Si la información a priori es equiprobable (o uniforme), en los sucesivos remuestreos el modelo del parámetro pertenece a una familia de funciones que se denomina familia de conjugadas.*

### 3.2. Estimación de funciones “a posteriori” de un parámetro $\theta$ desconocido y Estimadores Bayesianos.

Recordando el Teorema de Bayes, se sabe que

$$P(A_i / S) = \frac{P(S / A_i) \cdot P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(S / A_j) \cdot P(A_j)} \quad (2)$$

Donde las probabilidades de los sucesos  $A_i$  luego de conocer la probabilidad de  $S$  se pueden recalcular usando básicamente la información a priori de los sucesos  $A_i$  y las de  $S$  condicionado a los  $A_i$ .

Para una población que depende de un parámetro  $\theta$ , por ejemplo una Bernoulli de parámetro  $p$ , una Poisson de parámetro  $\lambda$ , una normal de parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , una muestra es un vector de  $n$  variables aleatorias i.i.d (independientes e idénticamente distribuidas) y la información de la muestra se puede representar por la función de verosimilitud:

$$f((X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) / \theta) = \prod_{i=1}^n f(X_i / \theta) \quad (3)$$

Ahora queremos determinar la función de un parámetro  $\theta$  de una población con los datos de una muestra de la misma. Tenemos:

$$f(\theta / Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, Y_3 = y_3, \dots, Y_n = y_n) = \frac{\prod_{i=1}^n f(Y_i / \theta) \cdot f(\theta)}{f(Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, Y_3 = y_3, \dots, Y_n = y_n)} \quad (4)$$

<sup>1</sup> (Leonard and Hsu, 1999), Bayesian Methods, Cambridge University Press 1999, pg 106.

Vemos las similitudes entre la ecuación (2) y las ecuaciones (3) y (4) ; $P(A_i)$  ( a priori) con  $f(\theta)$  a priori y la función condicionada a  $\theta$  con  $P(S/A_i)$ .

Se trata entonces en el problema de estimar un parámetro  $\theta$  de una población.

**Ejemplo:** Estimación del parámetro  $p$  de un proceso Bernoulli. Consideremos el porcentaje de personas que compra con tarjeta de crédito, en este caso  $p$  es un parámetro y se quiere estimar su valor, es decir  $\theta=p$ . Si se elige una persona al azar, definimos  $X_1=0$  si la persona elegida no compra con tarjeta de crédito y  $X_1=1$  si la persona elegida compra con tarjeta de crédito. Como observamos  $X_1$  es una variable aleatoria Bernoulli con parámetro  $p$ , es decir

$$P(X_1=0|p)=1-p \text{ y } P(X_1=1|p)=p .$$

Si elegimos  $n$  personas al azar (una muestra aleatoria) la función de verosimilitud es :

$$P(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n|p)= p^r \cdot (1-p)^{n-r} \quad \text{donde} \quad r=\sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

Siguiendo con el ejemplo y bajo el supuesto de no tener ninguna información previa sobre  $p$  "a priori" consideramos que  $p$  es  $U(0,1)$ .

Ahora obtenemos la función de  $p$  condicionada a la muestra:

$$f(p/(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)) = \frac{f((X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)/p) \cdot f(p)}{\int_0^1 f((X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)/p) \cdot f(p) dp} \quad (6)$$

Para cualquier parámetro  $\theta$  se puede expresar :

$$f(\theta/(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)) \propto f((X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)/\theta) \cdot f(\theta) \quad (7)$$

donde el símbolo  $\propto$  indica que ambas expresiones son iguales , salvo una constante. Esa constante es la que hace que la integral de la función cierre a 1, de este modo se obtiene la función densidad o probabilidad "a posteriori" de  $\theta$  .

Es debido a esta relación entre la función a posteriori y las funciones a priori del parámetro y la de verosimilitud (de la muestra) , que <sup>2</sup>**Leonard y Shu dicen que la información a posteriori es igual a la información a priori más la información de la muestra.** Remarcando el hecho de que para obtener la información a posteriori de un parámetro en Estadística Bayesiana es necesario el conocimiento de ambas.

Para obtener la constante hay que integrar con respecto a  $\theta$  en un dominio en el cual la función de verosimilitud y la función a priori de  $\theta$  no son nulas.

Se resuelve ahora el problema de las tarjetas de crédito:

$$f(p/(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)) \propto p^r \cdot (1-p)^{n-r} \cdot 1 \quad (8)$$

La función a priori es 1 pues es  $U(0,1)$ . Si se observa la expresión de la derecha es la de una fdp Beta , salvo una constante.

Por lo tanto la función a posteriori de  $p$  es:

<sup>2</sup>( Thomas Leonard and Jhon S. Hsu ,1999).Bayesian Methods,U.K, Cambridge University Press..pag106

$$f(p)/(X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) = \frac{(n+1)!}{r! \times (n-r)!} p^r \times (1-p)^{n-r} \text{ si } 0 \leq p \leq 1, 0 \text{ en otro caso} \quad (9)$$

Como es una f.d.p Beta  $E(p|X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n) = \frac{r+1}{n+2}$  (10)

Este es un estimador puntual. Otro estimador es el modo, vemos que el valor que maximiza la función es  $m_0 = \frac{r}{n}$ . (11)

Un hecho que se puede resaltar es que el modo, es decir el valor que maximiza la función a posteriori es igual al E.M.V ( de la Estadística clásica) .

Se puede ver que esto ocurre, porque al ser la distribución a priori una uniforme, la función a posteriori es proporcional a la de verosimilitud (ver ecuación (7)), y por ello tienen el mismo máximo ( si es que existe).

Generalizando tenemos la siguiente proposición: si la función “a priori” es una uniforme, entonces el modo del parámetro “a posteriori” es igual al E.M.V.

Si se quiere obtener un intervalo de confianza, por ejemplo con un NC=0,95, si consideramos a igualdad de colas derecha e izquierda tenemos:

$$\int_0^{Li} \frac{(n+1)!}{r! \times (n-r)!} p^r \times (1-p)^{n-r} dp = 0.025 \text{ y } \int_{Ls}^1 \frac{(n+1)!}{r! \times (n-r)!} p^r \times (1-p)^{n-r} dp = 0.975 \quad (12)$$

Con un programa estadístico se pueden calcular estos valores. En particular se ha trabajado con el paquete estadístico del EXCEL que tiene las funciones densidad y distribución necesarias para los cálculos de los parámetros más comunes en las aplicaciones en el nivel de estudio de los cursos de ingeniería. Sin embargo existen muy variados paquetes estadísticos, y todos ellos disponen de los elementos necesarios para este programa de estudio.

Un ejemplo de los parámetros que se han estudiado son los siguientes:

**la p de un proceso Bernoulli (función Beta),**

**el λ de un proceso Poisson (función Gamma),**

**la μ y el σ de una normal (funciones Normal y t de student) entre otras.**

Veamos con nuestro ejemplo. Se supone que se encuestaron a 400 personas , de las cuales 250 usan tarjeta de crédito. Entonces la esperanza condicional es **0.624** , el modo es **0.625** . Para el intervalo de confianza a un nivel de confianza de 0,95

usamos la función **DISTR.BETA.INV(0,025;250+1;400-250+1)** y

**DISTR.BETA.INV(0,975;250+1;400-250+1)**. los resultados son **Li=0,58** y **Ls=0,67**.

En este caso, podemos observar que para hacer los cálculos no hemos utilizado la aproximación del T.C.L.

Además también es sencillo los cálculos para 0 éxitos o 400 éxitos en la muestra dada.

$$f(p)/(X_1 = 1, X_2 = 1, \dots, X_n = 1) = 400 \cdot (1-p)^{400} \text{ si } p \in [0,1] \\ = 0 \text{ si } p \notin [0,1]$$

$$f(p)/(X_1 = 1, X_2 = 1, \dots, X_n = 1) = 400 \cdot p^{400} \text{ si } p \in [0,1] \\ = 0 \text{ si } p \notin [0,1]$$

Aunque en estos casos por la asimetría de la función densidad a posteriori, para calcular el intervalo de confianza no conviene elegir dos colas simétricas. Por ejemplo en el caso

de  $r=0$  conviene elegir el intervalo con origen en cero y elegir un valor como límite superior que deja debajo una probabilidad 0,95 por ejemplo.

(0, 0.015). El cálculo fue realizado nuevamente con la función Beta del EXCEL del paquete OFFICE.

**¿Qué sucede si se toma otra muestra de la población en estudio?, la función “a priori” es la función “a posteriori” obtenida en el paso anterior , entonces suponiendo un nuevo  $n_2$  y  $r_2$ , la función a posteriori es**

$$f(p | (X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_{n_2} = x_{n_2})) \propto p^{r_2} \times (1-p)^{n_2-r_2} \times \frac{(n+1)!}{r! \times (n-r)!} p^r \times (1-p)^{n-r} \text{ si } 0 \leq p \leq 1$$

La nueva función a posteriori es una beta. ***La familia de las beta que se obtiene con este proceso de remuestreo es la familia de conjugadas para el parámetro  $p$ . Esto ocurre partiendo de una función beta a priori en un proceso Bernoulli.***

En general:

$$f(\theta | (X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n)) \propto f((X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n) | \theta) \cdot f(\theta | \text{muestra previa}) \quad (13)$$

Otros casos importantes son los siguientes:

***Si a priori para un  $\lambda$  de un proceso Poisson la función es una Gamma o  $f(\lambda) \propto 1$  entonces  $\lambda$  tiene como familia de conjugadas a la Gamma.***

***Si a priori para un  $\mu$  de un población Normal (con desvío conocido) la función es una Normal o  $f(\mu) \propto 1$  entonces  $\mu$  tiene como familia de conjugadas a la Normal.***

***Si a priori para un  $\theta$  de una población  $U[0, \theta]$  la función es  $f(\theta) \propto 1$  entonces  $\theta$  tienen como familia de conjugadas a la Pareto.***

En cada uno de los casos presentados tomando nuevas muestras , se tiene como función a priori a las obtenidas con la muestra anterior (la función a posteriori anterior) y el resultado es nuevamente una función densidad igual del mismo tipo que la anterior en el proceso de muestreo en etapas con variaciones solamente en los parámetros. ***Estas funciones pertenecen a la familia de conjugadas.***

### 3.3. Funciones predictivas.

Siendo  $\theta$  y  $X | \Theta = \theta$  variables aleatorias con funciones densidad conocidas, se puede obtener a posteriori la función conjunta de  $(\Theta, X)$  y la marginal  $f(X)$ , esta última es la que recibe el nombre de **predictiva** . Para precisar las ideas, continuando con el ejemplo de las tarjetas de crédito **¿Cómo se calcula la probabilidad de que si se encuesta a 5 personas, exactamente 2 de ellas compren con tarjeta de crédito?**

En este caso  $X$  es igual a  $R$  la variable aleatoria binomial con  $n=5$  y con parámetro  $p$  cuya función densidad está dada por la ecuación (13) , calculando entonces la probabilidad de  $R=2$  condicionada a la muestra integrando sobre todos los valores de  $p$  la función conjunta  $f(R, p)$

$$P(R = 2 | \text{muestra 1}) = \int_0^1 \frac{5!}{2! \times 3!} \cdot p^2 \cdot (1-p)^3 \cdot \frac{(400+1)!}{250! \times (400-250)!} p^{250} \times (1-p)^{400-250} dp$$

$$= 0,021$$

### 4. Resultados.

Se presentan algunos de los problemas que deben resolver los alumnos con los conceptos aprendidos en el curso.

Ejercicio 1: Supóngase que dos investigadores Juan y Pedro deben estimar el tiempo máximo de la producción de un artículo  $X$ , sabiendo que el tiempo de fabricación es  $U(0,a)$ . El observador Juan puede observar el valor de la variable 5 veces, obteniendo los valores 4, 6, 4, 5 y 3 minutos, y el observador Pedro puede observar 5 veces obteniendo los valores 2,5,3,6,5 minutos. Demuéstrese que las funciones a posteriori de ambos investigadores son iguales.

Ejercicio2: El tiempo en minutos que se necesita para atender a un cliente en cierto servicio tiene una distribución exponencial con parámetro desconocido  $\theta$  desconocido, la distribución a priori es una gamma con media 0,2 y desvío 1 y que el promedio de tiempo requerido para atender a una muestra aleatoria de 20 clientes es 3,8 minutos. Calcular dos estimadores puntuales. Determinar un intervalo de confianza para  $\theta$  con un 99% de confianza. ¿Cuál es la probabilidad de que el próximo cliente sea atendido en menos de 5 minutos?

Ejercicio3: Las estaturas de los individuos de cierta población es normal con media  $\theta$  desconocida y desvío 2cm, la distribución inicial del parámetro es normal con media 170cm y desvío 3cm. Determinar la función a posteriori de  $\theta$ , un intervalo de confianza para el parámetro del 95% de confianza. ¿Cuál es la probabilidad de que al elegir al azar una persona de esa población mida más de 173 cm?

Estos problemas se seleccionaron de libros que fueron escritos como una introducción a la teoría de la probabilidad para personas interesadas en diversas áreas como economía y finanzas, ingeniería y ciencias físicas y de la vida, no siendo necesario para su lectura nada más que un conocimiento previo en cálculo diferencial e integral, conceptos que forman parte de las materias de cálculo que los alumnos de ingeniería cursan antes del curso de Estadística.

Se ha notado que los alumnos son capaces, después de recibir los conceptos básicos de Estadística Bayesiana, tal como se propuso en el programa anteriormente señalado, de resolver con éxito este tipo de problemas y de incorporar significativamente los fundamentos de la filosofía Bayesiana.

## **5. Conclusiones**

Hay una gran inercia aún para cambiar el enfoque de la enseñanza de la Estadística, sin embargo de lo observado se infiere que la comprensión de la Estadística Bayesiana, así como su aplicación a casos concretos, resulta más sencilla e intuitiva de lo que se cree. Además los intervalos de confianza Bayesianos para un parámetro expresan una probabilidad cierta de que el mismo pertenece a dicho intervalo. Las funciones predictivas son una forma de aprovechar toda la información que da la función a posteriori del parámetro de una población y su cálculo, en especial cuando se trata de un único parámetro es de resolución muy directa o puede trabajarse con programas de computación e incluso calculadoras, teniendo los alumnos la posibilidad de acceder a estos métodos en un nivel inicial de estudios superiores.

## **6. Bibliografía**

Bernardo J. M. & Smith A. (1994). Bayesian Theory, New York: Wiley  
Congdon Peter. (2001). Bayesian Statistical Modelling, U.K: John Wiley and Sons, Ltd.  
Leonard T. & Hsu J. (1999). Bayesian Methods, U.K: Cambridge University Press.  
Morris H. DeGroot. (1988). Probabilidad y Estadística, Wilmington, Delaware, E.U.A: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.

## **04TCE - LA MODELIZACION Y RESOLUCION DE UN PROBLEMA REAL DE UNA INDUSTRIA SIDEROMETALURGICA APLICANDO ANÁLISIS MATEMÁTICO II**

**RICCOMI, H. <sup>1</sup>; SCHIVO, M. E. <sup>2</sup>; SACCO, L. <sup>3</sup>; PACINI, C. <sup>4</sup>**

**1. Facultad Regional San Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 - (2900) San Nicolás, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: [hriccomi@peeirr.com.ar](mailto:hriccomi@peeirr.com.ar)**

**2. Facultad Regional San Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 - (2900) San Nicolás, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: [meschivo@arnet.com.ar](mailto:meschivo@arnet.com.ar)**

**3. Facultad Regional San Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 - (2900) San Nicolás, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: [lsacco@gmail.com](mailto:lsacco@gmail.com)**

**4. Facultad Regional San Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional. Colón 332 - (2900) San Nicolás, Buenos Aires. Argentina**

**E-mail: [carinapacini@yahoo.com.ar](mailto:carinapacini@yahoo.com.ar)**

### **Resumen**

La cátedra de Análisis Matemático II de la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, desde hace años está utilizando distintas estrategias de enseñanza que buscan mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos. Una de ellas consiste en un taller como espacio alternativo, que permita generar un escenario de trabajo que potencialice y promueva el trabajo autónomo de investigación e indagación (Skovsmose, 2000). Durante el 2013 y 2014 se implementó para estudiantes que adeudaban la asignatura y habían regularizado todas las materias de la especialidad mecánica (problema de adaptación por modificaciones en el plan de estudios). En el 2015 se considera continuar con esta experiencia piloto, con el fin de recuperar alumnos que, por motivos laborales, no pueden asistir a clases, en el horario normal del dictado de la asignatura. Los requisitos para acceder a esta propuesta estarán a consideración del Consejo Departamental de Materias Básicas de la Regional.

La cátedra, dentro de dicho espacio, propondrá problemáticas reales que puedan ser consideradas proyectos que sirvan para la acreditación de Análisis Matemático II. Este trabajo presenta el análisis didáctico de un problema específico de la industria, en el cual se reconoce la relevancia de los conceptos matemáticos brindados por la asignatura, como es el de integrales múltiples.

En la industria siderometalúrgica, que se dedica a la fabricación de acero, se requiere un primer proceso que es la obtención del arrabio. El mismo se obtiene de un Alto Horno del que se lo extrae a través de la piquera. Este arrabio (líquido) se desliza (por gravedad) por un canal hacia una boca que se encuentra en la plataforma de colada y descarga sobre un vagón termo. El problema específico consiste en encontrar el volumen de arrabio que hay en dicho vagón termo, en función de la altura de llenado, conociendo las dimensiones del mismo y la altura que se obtiene por un radar de onda guiada. Este problema presenta un amplio espectro de posibilidades de modelización y resolución. En este trabajo se presenta el estudio del problema por parte de los docentes de la cátedra, el cual ha permitido realizar un análisis didáctico de cómo,



posteriormente, aplicarlo a los estudiantes de ingeniería. Este tipo de propuesta de enseñanza permite realizar un análisis de las competencias que se pretende que los alumnos desarrollen, desde el punto de vista de la ingeniería y de la comunicación oral y escrita.

### **1. Introducción**

La búsqueda de una pedagogía específica, que permita el desarrollo de estrategias variadas, favoreciendo la construcción del conocimiento en los alumnos, se ha convertido desde hace tiempo en una necesidad de las instituciones educativas, y la Universidad no permanece ajena a ella.

Una de las funciones del ingeniero es el diseño y desarrollo que impliquen la solución de problemas inherentes a la producción. Lo que requiere de la evaluación de su factibilidad, la construcción y la posterior implementación. Cada una de estas funciones requiere de procesos de precisión, investigación, establecimiento de criterios, consideración de alternativas, análisis y resolución de problemas, comunicación, toma de decisiones y otras (Pacini y otros, 2009).

De acuerdo al relevamiento realizado, durante el año 2012, se han detectado alumnos que adeudan Análisis Matemático II (AMII) en la etapa final de su carrera. Esta situación llevó a los docentes de la cátedra a pensar alternativas o propuestas que reviertan la situación. Durante el año 2013 se implementó un taller como espacio de trabajo en torno a la resolución de problemas, con una dinámica que potencialice y promueva el trabajo autónomo de investigación o indagación (Skovsmose, 2000). De esta manera se propone un entorno semipresencial que favorezca aprendizajes significativos, investigando, estudiando y resolviendo problemas propios de su especialidad, a través de interacciones multidireccionales, sincrónicas y asincrónicas, y de trabajo colaborativo, creando ambientes propicios que faciliten los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Se considera continuar con esta experiencia piloto con estudiantes que, por motivos laborales, no pueden asistir a clases, en el horario normal del dictado de la asignatura. Este trabajo presenta el análisis didáctico de uno de los problemas, propio de la Ingeniería, a proponer en el Taller de AMII durante el año 2015.

### **2. Objetivo**

Analizar un problema propio de la Ingeniería, que permita la identificación de las competencias que se pretende que los alumnos desarrollen en la resolución del problema propuesto:

- Adquisición de la habilidad para analizar una situación problemática real, propia de su especialidad en la que utilicen los conceptos de AMII, que lleven a la modelización de dicha situación y a la búsqueda de posibles soluciones.
- Capacidad de actuar en forma interdisciplinaria para la ejecución de tareas, imprescindible en la actividad profesional de hoy.
- Uso adecuado del léxico profesional, ya sea para expresar oralmente el proceso llevado a cabo para la resolución del problema, o mediante su expresión escrita.

### **3. Metodología**

En la formación universitaria actual es posible orientar las propias prácticas pedagógicas teniendo en cuenta ciertos conceptos y criterios que creemos favorecen los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Entre los conceptos considerados por el equipo

de cátedra, se pueden mencionar: trabajo de los contenidos a través de un modelo pedagógico centrado en la problematización; presentación de los contenidos en forma de conocimiento situacional; relación de interdisciplinariedad entre asignaturas de la carrera; aprendizaje significativo y conocimiento generador; estrategias pedagógicas de trabajo en equipo y de resolución de problemas; incorporación de las tecnologías de la información y comunicación.

A partir de la estrategia pedagógica de trabajo en equipo y de resolución de problema, se ha formulado esta situación problemática específica, la cual ha requerido, por parte de cada profesor de la cátedra, una reflexión en cuanto a las etapas necesarias por las que cada estudiante debe transitar para su resolución como son: correcta *traducción del lenguaje coloquial al lenguaje geométrico*; *búsqueda de información para visualizar el problema*; *simplificación o modelización del problema y resolución del mismo*.

Este tipo de propuesta de enseñanza posee un alto valor didáctico en cuanto al análisis de las competencias que se pretende que los alumnos desarrollen desde el punto de vista de la ingeniería y de la comunicación oral y escrita.

#### 4. Resultados

El problema en estudio es:

*La industria siderometalúrgica, que se dedica a la fabricación de acero, requiere un primer proceso que es la obtención del arrabio (fundición de materiales como mineral de hierro, coque y caliza). El mismo se obtiene de un Alto Horno del que se lo extrae a través de la piquera. Este arrabio (líquido) se desliza (por gravedad) por un canal hacia una boca que se encuentra en la plataforma de colada y descarga sobre un vagón termo, el cual se muestra en la Figura 1. Se propone:*

- a) *Analizar las posibilidades de modelización del volumen de arrabio que hay en dicho vagón termo en función de la altura de llenado, a partir de las dimensiones del mismo y de la altura libre del vagón termo que se obtiene por un radar de onda guiada.*
- b) *Elegir una de ellas y resolver el problema suponiendo una altura determinada de arrabio en el vagón termo.*



**Figura 1:** Vagón Termo

A continuación se presenta el análisis didáctico, realizado por parte de los docentes de la cátedra, el cual permitirá el posterior trabajo con los alumnos del Taller de AMII.

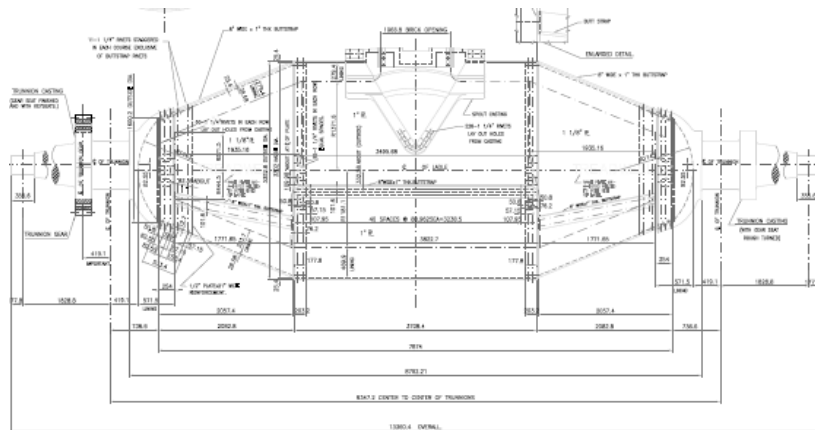
a) *La traducción del lenguaje coloquial al lenguaje geométrico.*

La mayoría de los problemas de la ingeniería surgen de una necesidad, la cuál es solicitada por el usuario a través de un lenguaje coloquial. Éste debe ser interpretado por el ingeniero, o futuro ingeniero en nuestro caso, traduciéndola a través de esquemas, dibujos y ecuaciones que terminen en la modelización del mismo. Con el propósito de expresar este problema real como un problema de Análisis Matemático II, la primera

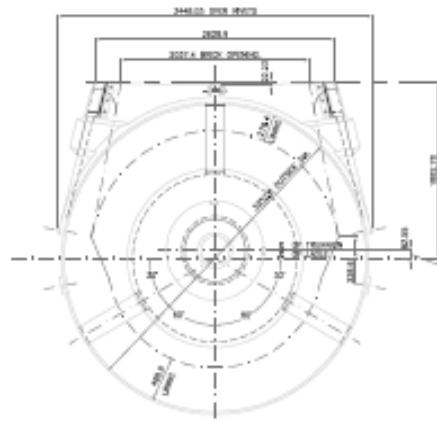
aproximación a la comprensión del mismo es a través de la obtención de la geometría del vagón.

*b) La búsqueda de información para visualizar el problema.*

Puede ocurrir que los alumnos desconozcan el tema. Por lo cual deberán, como actividad inicial, buscar información al respecto. Para esto se puede coordinar con los departamentos de especialidades una visita a la siderometalúrgica que existe en las cercanías de la FRSN, para que el alumno pueda ver el problema real (Figura 1). Por otra parte, a través de docentes que comparten esta profesión con el trabajo en la Planta, se puede brindar al alumno información dimensional de los vagones (Figuras 2 y 3).



**Figura 2:** Corte longitudinal con dimensiones Vagón Termo



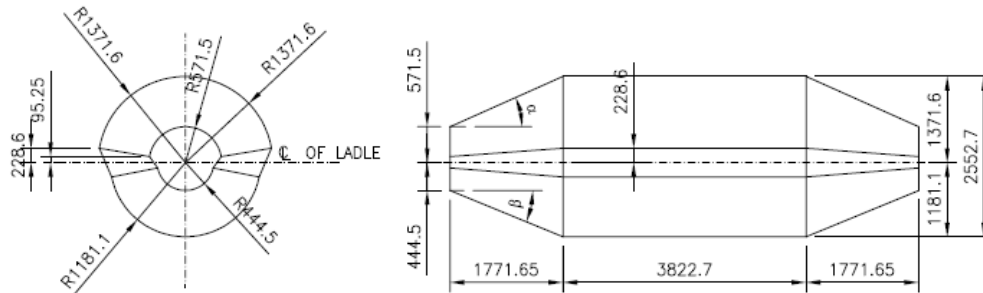
**Figura 3:** Corte transversal del vagón termo con sus dimensiones

*c) La simplificación o modelización del problema*

En esta etapa se deberá recurrir a esquemas propios para filtrar la información que se brinda a través de los planos (Figuras 2 y 3). En general esta información refiere a detalles constructivos. Para la resolución del problema planteado es necesario identificar cuáles son los datos significativos desde el punto de vista matemático, que servirán para obtener la geometría y todas las dimensiones necesarias para la resolución del mismo.

Es así que el problema original se podría traducir en la siguiente simplificación: *Consideraremos el vagón termo como un cuerpo central cilíndrico de sección transversal de acuerdo a lo que se muestra en las Figura 4 (pues no cuenta el espesor*

de ladrillos refractarios) y 3822.7 de longitud y dos pseudo-conos truncados en sus extremos de altura 1771.65. Las dimensiones están dadas en mm.



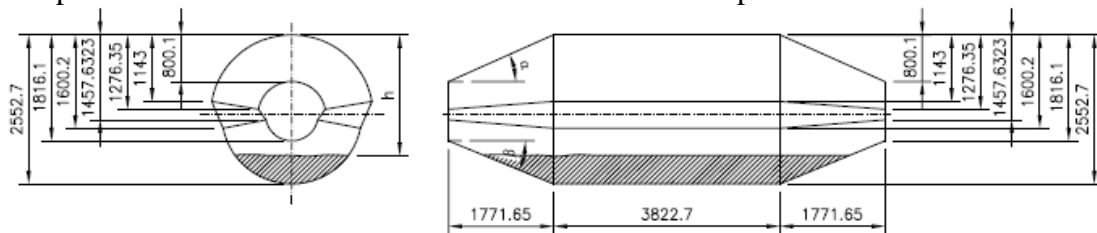
**Figura 4:** Modelización del corte transversal y longitudinal, con sus dimensiones

*d) La resolución del problema*

Desde el punto de vista matemático, el problema consiste en expresar el volumen de arrabio en un recipiente en función de la altura que existe hasta su boca. Para el cálculo de volúmenes es posible utilizar tanto integrales dobles como triples. En este caso, se le da la libertad al alumno para que recurra a la que le sea de mayor facilidad. Se debe tener especial atención en que se deberán analizar 7 situaciones posibles, de acuerdo a la geometría del problema (Figura 5). Cabe señalar que lo más importante, no es el cálculo mecánico de las primitivas, sino el planteo del problema en cada una de estas situaciones posibles:

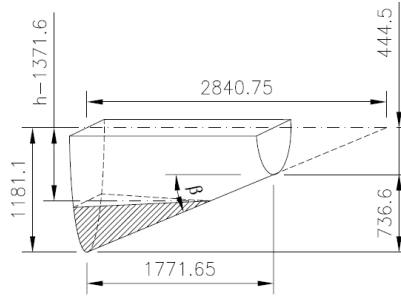
- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| a) $0 < h < 800.1$       | d) $1276.35 < h < 1457.6323$ |
| b) $800.1 < h < 1143$    | e) $1457.6323 < h < 1600.2$  |
| c) $1143 < h < 1276.35$  | f) $1600.2 < h < 1816.1$     |
| g) $1816.1 < h < 2552.7$ |                              |

A continuación se presenta la situación señalada en el ítem g). El análisis realizado de la misma ha permitido identificar posibles resoluciones, obstáculos y dificultades que pueden surgir, lo cual lleve al equipo de cátedra a considerar las anticipaciones y acompañamiento de los alumnos durante la resolución del problema.



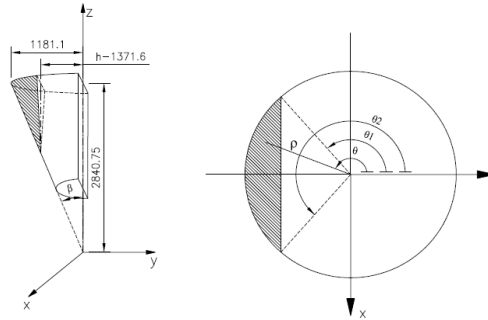
**Figura 5:** Situaciones posibles (en sombreado el caso g)

En la situación analizada, se tendrían 3 recintos de integración, de los cuales dos de ellos tienen el mismo resultado. Analizando el primer y tercer recinto de integración, es posible encontrar el volumen de un trozo de tronco de cono de abertura  $\beta$  y de radio 1181.1 (tal como se observa en la Figura 6).



**Figura 6:** Primer y tercer recinto de integración

Para formalizar este problema, se realiza una rotación de la Figura 6, agregando ejes coordenados y aplicando coordenadas cilíndricas para resolverlo.



**Figura 7:** Modelización matemática del recinto

De acuerdo a la Figura 7, es posible escribir los extremos de integración como:

$$\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \text{ tal que } \theta_1 = \frac{\pi}{2} + \sin^{-1}\left(\frac{h-1371.6}{1181.1}\right) \text{ y } \theta_2 = 2\pi - \left[\frac{\pi}{2} + \sin^{-1}\left(\frac{h-1371.6}{1181.1}\right)\right] \quad (1)$$

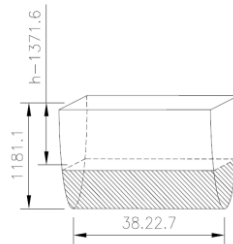
$$\frac{h-1371.6}{\sin \theta} \leq \rho \leq 1181.1 \quad (2)$$

$$\frac{1771.65 \sin \theta}{736.6} \rho \leq z \leq 2840.75 \quad (3)$$

Para obtener el volumen de los recintos 1 y 3, en función de  $h$ , se deberá resolver:

$$V_1 = V_3 = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\frac{h-1371.6}{\sin \theta}}^{1181.1} \int_{\frac{1771.65 \sin \theta}{736.6} \rho}^{2840.75} \rho dz d\rho d\theta \quad (4)$$

Analizando el segundo recinto de integración, se observa que es equivalente a encontrar el volumen de un trozo de cilindro de radio 1181.1 y altura 3822.7, tal como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8:** Segundo recinto de integración

A partir de un razonamiento similar al efectuado en el tronco de cono, la ecuación del cilindro resulta:

$$x^2 + y^2 = 1181.1^2 \quad (5)$$

Cuyos extremos de integración, en coordenadas cilíndricas, serán los mismos que en el tronco de cono a excepción de:

$$0 \leq z \leq 3822.7 \quad (6)$$

Por lo tanto, el volumen del segundo recinto resulta:

$$V_2 = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\frac{h-1371.6}{\sin \theta}}^{1181.1} \int_0^{3822.7} \rho dz d\rho d\theta \quad (7)$$

Finalmente, el volumen total para esta situación será:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad (8)$$

Con igual criterio se deberán resolver los distintos casos hasta que  $h$  sea cero.

## 6. Conclusiones

El análisis didáctico del problema permite repensar las formas más adecuadas de abordaje y presentación del enunciado, de manera que se pueda mostrar al estudiante la el verdadero significado del estudio matemático de un problema y la importancia de los contenidos de AMII en las situaciones reales de la ingeniería.

Dicho análisis permite determinar, al equipo docentes de la cátedra, que este tipo de propuesta promueve en el alumno la interpretación y análisis de una problemática real, propia de su especialidad, en la que se utilizan conceptos de AMII; adecuada modelización y búsqueda de posibles soluciones; uso apropiado del léxico profesional, ya sea para expresar oralmente el proceso llevado a cabo para la resolución del problema, o mediante su expresión escrita (Gysin, 2007).

Existe bibliografía sobre formas adecuadas que debe tener una situación problemática para ser presentada a estudiantes, sin embargo, nuestra propuesta de trabajo acentúa algunas cuestiones, entre las que podemos destacar: un problema es una situación que lleva al estudiante a moverse en la acción; es la relación que se establece entre el estudiante y el trabajo que realiza; promueve el desarrollo de estrategias de enseñanza y de aprendizaje que favorecen una educación más autónoma, comprometida y representativa de la realidad. Pone en juego diferentes tipos de saberes vinculados con conceptos abordados en la asignatura, procedimientos posibles a ser utilizados y/o actitudes adecuadas a la realidad.

Este trabajo, llevado a cabo por la cátedra de AMII, permite reconocer la importancia de esta metodología de trabajo, que está intrínsecamente relacionada con la práctica profesional del ingeniero.

## 7. Bibliografía

- Gysin, L. y otros cuatro autores (2007) *Competencias Ciencias Básicas Ingeniería. Programa de mejoramiento de la enseñanza de la ingeniería*, PROMEI, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.
- Pacini, C., Riccomi, H., Sacco, L., Schivo, M. E. (2009). *Trabajo por proyectos en Análisis matemático II*. Congreso Latinoamericano Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad de Cuyo.
- Skovsmose, O. (2000): *Escenarios de investigación* [en línea 04-12-14]. Disponible en: [http://funes.uniandes.edu.co/1122/1/70\\_Skovsmose2000Escenarios\\_RevEMA.pdf](http://funes.uniandes.edu.co/1122/1/70_Skovsmose2000Escenarios_RevEMA.pdf)

## **05TCE - DILEMAS ÉTICOS EN EL AULA DE INGENIERÍA: UN CASO CONCRETO**

**BARRERO, C.; SANTILLI, H.; MARTÍN, A.; ROBLE, M.**

**Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. Paseo Colón 850 - (1063)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina  
E-mail: [cbarrerster@gmail.com](mailto:cbarrerster@gmail.com)**

### **Resumen**

Los docentes de Ingeniería tenemos la responsabilidad de formar ingenieros que puedan influir en la gestión empresarial de modo de generar procesos basados en valores éticos, superando las expectativas por obtener únicamente resultados tecnológicamente viables y/o económicamente rentables. Entendemos que la función del ingeniero es diseñar dispositivos, procesos o sistemas destinados a la solución de problemas concretos de la sociedad. Los planes de estudio usualmente se ocupan de los aspectos científico-técnicos, dejando librado a las decisiones de los docentes aquellas cuestiones que exceden la racionalidad técnica. Un aspecto que entendemos es importante tener en cuenta es el socio-ético, es decir, capacitar a los futuros ingenieros para que puedan tomar decisiones y acciones acordes con implicancias éticas, para adaptarse, insertarse y orientarse moralmente en la sociedad.

En este trabajo analizamos un camino para incorporar las cuestiones sociales y éticas en la formación del ingeniero desde el trabajo áulico. Se trata de una investigación cualitativa: estudio de caso, ya que permite indagar procesos en los cuales se ponen en juego valores. Nuestros registros fueron: entrevista a un estudiante de ingeniería química, su trabajo final de la asignatura “Ciencias de Ambiente”, el programa de dicha asignatura y planes de estudio de diversas carreras de Ingeniería de otras Universidades.

### **1. Introducción**

La ingeniería, como parte de la tecnología, involucra la idea de diseño entendido como algo más que un set de planes, se trata de un proceso capaz de llevar adelante dichos planes, es decir, aplicarlos a situaciones concretas (Mestheme, 1970; en Pitt, 2000, 10). Según Vicenti (1990: 11), las actividades que desarrolla un ingeniero solucionan los problemas que plantea la sociedad, y para ello realizan todos los diseños que sean necesarios; dichas actividades están fuertemente influenciadas por las necesidades y restricciones económicas, militares, sociales, personales, y del ambiente. Dichos diseños se realizan en un tiempo determinado y para una sociedad definida (Santilli, 2012). O sea, entendemos que la función del ingeniero es diseñar dispositivos, procesos o sistemas destinados a la solución de problemas concretos de la sociedad. Los docentes de Ingeniería tenemos la responsabilidad de formar ingenieros que puedan influir en la gestión empresarial de modo de generar procesos basados en valores éticos, superando las expectativas por obtener únicamente resultados tecnológicamente viables y/o económicamente rentables (Cubero Marín, 2006). Los planes de estudio usualmente se ocupan de los aspectos científico-técnicos, dejando librado a las decisiones de los docentes aquellas cuestiones que exceden la racionalidad técnica. Desde este punto de vista, la formación de ingenieros evidencia una dicotomía entre la capacitación técnica y la habilidad para solucionar las cuestiones sociales y éticas, usualmente asociadas a los

problemas de ingeniería. Es decir, la formación de ingenieros debería contemplar ambos aspectos para posibilitar la toma de decisiones y acciones acordes con implicancias éticas, que permitan a los profesionales adaptarse, insertarse y orientarse moralmente en la sociedad. En los planes de estudio se revela clara preocupación por el área de conocimiento de la disciplina rigurosa, basada en la racionalidad técnica; no queda explícito cómo se encaran aquellas cuestiones que escapan a dicha racionalidad. Si el ingeniero debe resolver los problemas que la sociedad plantea, es importante que tenga en cuenta a esa sociedad cuando busque las soluciones.

En las recomendaciones del CONFEDI<sup>3</sup> ante el Congreso Mundial de Ingeniería (Buenos Aires, octubre 2010), este tema fue relevante; esto se evidencia en expresiones tales como: *“Formar en valores, principios éticos universales y respeto por la multiculturalidad y la diversidad... Formar ingenieros socialmente responsables, comprometidos con el medioambiente y el desarrollo sustentable y sostenido de la sociedad en la que vive, comprendiendo y respetando las diferencias”* (P. 15). Queda claro que este interés no debería ser sólo una intención sino que se deberían organizar las currícula en este sentido, de modo que los estudiantes de ingeniería desarrollen también este tipo de competencias, además de las específicas científico-técnicas. Se debe atender a *“... la formación de personas responsables, con conciencia ética y solidaria, reflexivas y críticas, capaces de actuar transdisciplinariamente, de adaptarse y liderar los cambios acelerados que caracterizan los tiempos modernos y que en su ejercicio profesional y con visión amplia y sistémica contribuyan a una mejor calidad de vida, del hombre individual, y de la sociedad en general, al desarrollo sostenible regional y nacional, al respeto al hombre y a la humanidad, al ambiente, a las instituciones de la República, a la vigencia del orden democrático y a la paz social. Ese es el desafío que CONFEDI asume”* (P. 22).

A pesar de todo ello, la presentación de las cuestiones sociales y éticas generalmente queda supeditada a las inquietudes y actitudes de los docentes, y no suele estar incluida explícitamente en los planes de estudio.

### **Aspectos socio-éticos**

Definir estos aspectos formalmente no es sencillo. Una primera aproximación a la idea de ética remite a la responsabilidad de cada individuo frente a los otros – sociedad – y frente al entorno – ambiente –. Desde el punto de vista del ejercicio profesional, supone un accionar coherente con principios de equidad, solidaridad, honestidad, y compromiso con principios morales.

Al tener en cuenta la relación entre ciencia, ingeniería y ética, y la negociación que debe darse entre ellas para llegar al equilibrio, emerge la idea de “ética de la anticipación” que será directriz del desarrollo tecnológico, de modo de responder al riesgo que conllevan las nuevas tecnologías, es decir desarrollar los denominados enfoques CTS (Johnson, 2010). De aquí surge la importancia que tiene desde el punto de vista profesional establecer los criterios de toma de decisiones ingenieriles tales como: Evaluación de Proyectos, Evaluación Social, Evaluación Tecnológica, entre otros

---

<sup>3</sup> Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible. Aportes del CONFEDI al “Congreso Mundial de Ingeniería”. XLVIII Reunión Plenaria del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. [Acceso 16 de julio de 2013]; Disponible en: <http://www.confedi.org.ar/sites/files/privado/APORTES%20de%20CONFEDI%20en%20INGENIERIA%202010.pdf>.



(Martínez Caro, 2012). Esta responsabilidad del ingeniero se inicia ya desde el diseño, durante este proceso debe estar presente a quién va dirigida cada tecnología.

Acordamos con Lozano (2003) que, en un mundo caracterizado por la globalización y el desarrollo tecnológico, tener en cuenta los aspectos éticos no es una opción sino una necesidad. Este autor identificó cuatro aspectos ocultos en las definiciones de ética:

- responsabilidad causal, por acción u omisión, dentro de la cual una muy frecuente en ingeniería es la responsabilidad por prevención;
- responsabilidad compartida, que refiere a la responsabilidad por las acciones de otras personas, por ejemplo subordinados, también llamada responsabilidad de control y gerenciamiento;
- responsabilidad por jerarquía profesional, relacionada con el rol que ocupa el agente en una organización;
- responsabilidad basada en la aptitud para realizar una función.

Podríamos sintetizar estas ideas sobre ética con los dichos de Ferrater Mora (1999, 1147): “... *persisten en algunos casos dimensiones «evolucionistas» y «pragmatistas» en las teorías éticas, pero menos influyentes de lo que fueron en las primeras décadas de este siglo... persiste un tipo de ética llamada «axiológica»... que consiste básicamente en poner de relieve que los juicios morales son juicios de valor, de modo que no puede desarrollarse una teoría ética independientemente de una teoría axiológica o teoría de los valores*”. Vemos así que el cambio de actitud ética excede al conocimiento específico de los ingenieros, quienes para incorporarla necesitan de la prudencia (del griego *phronesis*), que es la virtud del que es moralmente juicioso o sano, no es conocimiento (ciencia) ni arte, es un estado o capacitación, un hábito verdadero y razonado para actuar según lo que es bueno o malo para el hombre (op. Cit., 2944).

## 2. Objetivo

En este trabajo analizamos un caso que posibilita la incorporación de las cuestiones sociales y éticas en la formación de los ingenieros, desde el trabajo áulico.

## 3. Metodología

Utilizamos un estudio de caso. Se trata de describir una situación particular, clasificando sistemáticamente sus características e identificándolas con su objeto de estudio y de comprensión, estableciendo las posibles relaciones entre ellas. El estudio de caso es una estrategia de diseño de la investigación cualitativa encaminada a la toma de decisiones. Elegimos este tipo de enfoque ya que permite analizar procesos, recoger datos sobre hábitos, creencias, valores, prácticas y comportamientos de un grupo social, así como tener en cuenta la opinión de las personas involucradas (Alvarez–Gayou Jurgenson, 2003). Los registros utilizados fueron: entrevista a un estudiante que estaba finalizando el último ciclo de la carrera Ingeniería Química con Orientación en Petroquímica y en Medio Ambiente, de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo (San Rafael, Mendoza); el trabajo correspondiente al examen final de la asignatura Ciencias del Ambiente realizado por el entrevistado y otro estudiante; el Programa de dicha asignatura<sup>4</sup> y planes de estudio de diversas carreras de Ingeniería de otras Universidades.

---

<sup>4</sup> <http://www.fcai.uncu.edu.ar/upload/ciencias-del-ambiente-2012.pdf>.

#### 4. Análisis y resultados

En ocasión de visitar la Universidad Nacional de Cuyo, en San Rafael, frente a la exposición de un póster de nuestra autoría sobre “Formar ingenieros socialmente responsables”, establecimos comunicación con un estudiante que estaba finalizando su carrera de ingeniería química. Del diálogo surgieron algunas cuestiones interesantes. Lo que primero llamó nuestra atención fue el hecho de que el estudiante cuestionara uno de los resultados del trabajo expuesto: la “casi ausencia de cuestiones socio-éticas en los planes de estudio”. También surgió que los estudiantes habían realizado, como examen final de una asignatura de 5° año, un estudio de caso sobre el Canal Colector Pescara de esa ciudad, en el que habían tenido en cuenta numerosos aspectos sociales, y además, que habían realizado investigaciones bibliográficas con ese mismo enfoque, en otra asignatura. Frente a nuestro comentario: “es probable que se trate de iniciativas aisladas de los profesores, que podrían modificarse con un cambio de docente”, reconoció que en ambos trabajos el profesor fue el mismo. El estudiante manifestó su entusiasmo con respecto a la experiencia realizada, al punto que puso a nuestra disposición todo el material recopilado. Además de identificarse con la cuestión socio-ética descubrió que su trabajo excedió lo curricular. El estudiante también manifestó que el enfrentarse a conflictos sociales reales amplió su visión del problema y jerarquizó su trabajo.

En el informe final presentado por dos estudiantes (uno de los cuales fue el entrevistado) aparece la cuestión social al abordar el concepto de desarrollo sustentable, con la presentación del difundido esquema de la Figura 1. Es interesante señalar que, a medida que el trabajo avanza, la idea de lo social adquiere mayor profundidad, y se vincula con el contexto. En la definición del problema a tratar presentan una visión amplia del impacto que la tecnología tendrá a nivel local y nacional, y hablan de la concientización acerca del uso indiscriminado y erróneo de los recursos disponibles.

Identifican problemas sociales tales como “pérdida de la cultura del agua, pérdida de la cultura de la limpieza, y pérdida de la cultura del trabajo”. Finalmente, el tenor de las conclusiones es de fuerte índole social, y abarca muy diferentes aspectos: involucrar a todos los agentes desde las etapas tempranas del proyecto, antes de la toma de decisiones; cambiar la actitud de los empresarios ampliando su percepción sobre los riesgos que su comportamiento conlleva; promover la gestión compartida, y el trabajo colaborativo entre organismos de control del Estado; considerar, además de otras, la dimensión educativo-comunicacional; y fomentar un sistema de información fidedigna, y comunicación fluida, con el propósito de generar cambios culturales y de comportamiento.

Destacamos una frase textual del trabajo: “no se debe evitar el conflicto,... entre la empresa, la comunidad y el Estado... sino afrontar el problema desde una base constructiva”. Vemos aquí el reconocimiento de la multicausalidad del problema, que requiere de un enfoque sistémico, y el hecho de que mejorar la tecnología solamente, no lo resuelve.

En cuanto al programa de la asignatura, consideramos que es pertinente a los contenidos disciplinares, sin embargo, no aparece en forma explícita el contenido social inherente a esta temática. En un par de temas: “Ecología Antropológica”, y “Desarrollo y Ecología Global”, se esbozan algunos contenidos que podrían incluir este enfoque. Lo mismo se

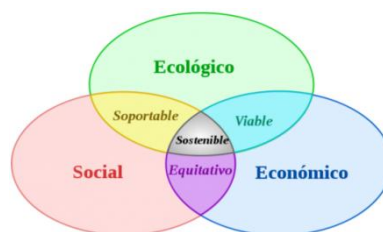


Figura 1

puede afirmar de algunas de las actividades de aprendizaje propuestas: “Trabajo de campo de reconocimiento de ecosistema y toma de muestras”, y “Desarrollo y ecología global. Estudio de caso”. Del programa de la asignatura se infirió que, aunque se mencionan algunos contenidos relacionados con lo social, no necesariamente significa que los aspectos sociales se tendrán en cuenta al presentarlos.

Por otro lado, en los planes de estudio de carreras de Ingeniería de otras Universidades analizados se identificaron escasas menciones a cuestiones socio-éticas. Las pocas identificadas pertenecen a carreras de Bioingeniería o equivalentes (Martin et al, 2013). En las asignaturas de los primeros años figuran materias de enfoque social como “Introducción a la Ingeniería”, o “Tecnología, Ciencia y Sociedad”, pero no aparece ninguna materia con contenidos asociados específicamente a la ética o a la bioética. En el ciclo superior se presentan como optativas: “Epistemología”, “Historia de la ciencia”, “Relaciones humanas y dinámica de grupos”, “Introducción a la problemática del proceso de enseñanza-aprendizaje”, “Ética y ejercicio profesional”. No hemos identificado ninguna asignatura que haga referencia explícita a la cuestión de los valores; de ello se desprende que no estaría incluida en los planes la recomendación del CONFEDI respecto de formar a los ingenieros en valores y principios éticos.

## **5. Conclusiones**

De la revisión bibliográfica realizada surge que numerosos autores acuerdan con que la formación de los Ingenieros debería incluir aspectos socio-éticos; resaltamos que estas son también las recomendaciones del CONFEDI. Sin embargo, ninguno de ellos precisa qué temas tratar, en qué instancia académica, ni cómo implementarlos para su enseñanza. A priori se pensaría que pueden pasar dos cosas: que las cuestiones socio-éticas no sean consideradas, o que queden a criterio de los docentes.

De los resultados de este trabajo surge que: el enfoque socio-ético está ausente en los planes de estudio, hay docentes preocupados por la incorporación de dicho enfoque, hay estrategias eficientes para llevarla a cabo, y el resultado en la formación profesional es promisorio.

Frente a esta situación, nos preguntamos:

- ✓ ¿Qué cuestiones ético-sociales concretas es necesario incorporar a las currícula de Ingeniería para que la formación de los futuros profesionales esté enmarcada dentro de las recomendaciones del CONFEDI, a este respecto?
- ✓ ¿Cómo implementar su incorporación formal a las currícula?

Alentamos a los docentes de ingeniería a identificar cuestiones socio-éticas concretas, e implementar su incorporación al trabajo áulico. El estudio de caso es una estrategia recomendable a tal fin, en sus dos alternativas con o sin trabajo de campo.

Estamos persuadidos de que estas acciones individuales, que son esforzadas y no valoradas institucionalmente, facilitarán la incorporación formal de las cuestiones ético-sociales y de valores en las currícula de ingeniería en un futuro próximo, en acuerdo con las recomendaciones del CONFEDI.

## **6. Agradecimiento**

Este trabajo está enmarcado en el proyecto UBACYT 20020130100003BA.

## **7. Referencias**

Alvarez-Gayou Jurgenson J. (2003). Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología. México DF: México. Paidós Educador.

- Cubero Marín, J. (2006). La gestión ética y la responsabilidad social en ingeniería. *Técnica Industrial*. 262 abril, 26-30. Disponible en <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/22/34/a34.pdf>, consultado 22/08/14..
- Ferrater Mora J. (1999). *Diccionario de Filosofía*. Barcelona: Ariel Filosofía.
- Johnson, D. (2010). The role of ethics in science and engineering. *Trends in Biotechnology*, 28 (12): 589-590.
- Lozano, F. (2003). Ethical Responsibility in Engineering: A Fundamentation and Proposition of a Pedagogic Methodology. *International Conference on Engineering Education*, Valencia, España, 1-6.
- Martín, A., Barrero, C. y Santilli, H. (2013). Aspectos éticos en las carreras de ingeniería biomédica y bioingeniería, *Revista Actas Pedagógicas de la Facultad de Ciencias de la Educación de la UNCo*, 8 (5) 37-47.
- Martínez Caro. (2012). Dilemas Éticos en la Ingeniería Química, Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Químico, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología, 1-88, <http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/113296>.
- Mestheme, E. (2000). *Technical Change*. New York: Mentor, 1970. En Pitt, J. C. *Thinking about technology. Foundations of the philosophy of technology*. New York, USA: Seven Bridge Press, p.10.
- Santilli, H. (2012). Science and Technology, Autonomous and more Interdependent every time. *Science & Education*, 21 (6), 797-811.
- Vicenti, W. (1990). *What engineers know and how they know it*. Baltimore, USA: Johns Hopkins University Press.

## **06TCE - ESTILOS DE APRENDIZAJES, RENDIMIENTO ACADÉMICO E INTERACCIONES EN EL CAMPUS VIRTUAL**

**PAPA, M. J.<sup>1</sup>; MARCHISIO, S.T.<sup>2</sup>**

**1. Facultad Regional Venado Tuerto Universidad Tecnológica Nacional.**

**Laprida 651- (2600) Venado Tuerto, Santa Fe. Argentina**

**E-mail: [sacademica@frvt.utn.edu.ar](mailto:sacademica@frvt.utn.edu.ar)**

**2. Facultad de Ciencias Exactas y Agrimensura Universidad Nacional de Rosario.**

**Pellegrini 270 – (2000) Rosario, Santa Fe. Argentina**

**E-mail: [smarch@fceia.unr.edu.ar](mailto:smarch@fceia.unr.edu.ar)**

### **Resumen**

El tema central de este estudio son los estilos de aprendizajes (García Cué et al. 2008), el rendimiento académico (Garbanzo Vargas, 2008) y las interacciones comunicativo – didácticas (Silva Quiróz, 2007) que en el aula virtual son desplegadas por los alumnos que cursan el “Seminario de Ingreso Universitario”, de la Universidad Tecnológica Nacional de la Facultad Regional Venado Tuerto (UTN FRVT) de las carreras Ingeniería Civil y Electromecánica, a los fines de morigerar los problemas de la Educación Superior Universitaria como la deserción, el desgranamiento y la extensión de la duración real de las carreras. La muestra analizada consiste en una población de 324 alumnos.

### **Introducción**

La educación universitaria de las ingenierías ha presentado incrementos en la deserción, el desgranamiento y la extensión de la duración real de las carreras. Por esta razón esta investigación se focalizó en conocer el comportamiento de los alumnos cuando ingresan al sistema universitario, con el fin de dar respuestas y encontrar soluciones que contribuyan a mejorar las condiciones y la calidad de los procesos educativos dirigidos a la enseñanza de grado.

El tema objeto de este trabajo está centrado en el estudio de los estilos de aprendizajes, el rendimiento académico y las interacciones comunicativo – didácticas que en el aula virtual son desplegadas por los alumnos que cursan el llamado “Seminario de Ingreso Universitario”, de la Universidad Tecnológica Nacional de la Facultad Regional Venado Tuerto (UTN FRVT).

Este Seminario, cuya primera edición data de 2005, está dirigido a los alumnos inscriptos a las carreras de Ingeniería Civil y Electromecánica de la UTN FRVT, con objetivos de nivelación de conocimientos en el área de Matemática y Física y, a su vez familiarizar a los estudiantes acerca de lo que es la vida universitaria en dicha institución. El Seminario se desarrolla con apoyatura del Campus Virtual UTN FRVT.

Desde el surgimiento, este proyecto institucional ha ido sufriendo modificaciones. En un principio, el campus virtual sólo estaba habilitado para los alumnos que cursaban a distancia, pero desde el año 2010, se permitió el acceso al campus de todos los alumnos, a los fines de: acceder al material de estudio digitalizado y a archivos con ejemplos de ejercicios resueltos, consultar las calificaciones de las evaluaciones, realizar consultas puntuales sobre ejercicios, consultar al tutor sobre fechas de exámenes, como así

también acerca de otros aspectos organizativos, teniendo como misión la orientación, guía y el seguimiento personalizado de los alumnos en el entorno virtual.

Siempre se han tomado en la institución registros sobre cantidad de alumnos, interacciones (en términos de comunicaciones con el tutor a través del campus virtual) y de resultados académicos obtenidos. Algunos sondeos preliminares de la información disponible en dichos registros llevan a conjeturar que los alumnos que tienen mayor presencia en el campus, logran mejores resultados académicos. Por otra parte, mientras los rendimientos académicos de los alumnos en el Seminario de Ingreso no son considerados lo suficientemente satisfactorios, no se han estudiado aún los estilos de aprendizaje de los alumnos.

Al respecto, se destaca que, en general, los rendimientos académicos de los alumnos en el seminario de ingreso no han sido valorados como suficientemente satisfactorios, entendiendo que las diferencias individuales de los estudiantes en términos de estilos o perfiles cognitivos y de implicación con el cursado en aula virtual pueden operar afectando los resultados del aprendizaje en el contexto del dictado de este seminario.

De ahí que se considere que un mayor conocimiento de las diferencias individuales de los estudiantes, estudiadas desde perspectivas cognitivas y sociales, así como del modo en que los estudiantes se relacionan con el aula virtual, posibilitaría adecuar estrategias didácticas y actividades, hacer un mejor uso del entorno virtual y diseñar enfoques más adecuados a los fines de lograr mejores rendimientos de los aspirantes a las ingenierías de la UTN FRVT.

Profundizar en el conocimiento de estos aspectos, estudiando posibles relaciones permitiría además a los directivos y equipo docente del Seminario, tomar decisiones para lograr una mejor planificación del mismo.

## **Objetivos**

### **Objetivos Generales:**

1. Caracterizar en términos de estilos de aprendizajes y rendimiento académico los diferentes tipos de alumnos aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN-FRVT de los años 2010, 2011, 2012 y 2013.
2. Interpretar cómo se implican esos diferentes tipos de alumnos en el entorno virtual.

Para alcanzar el Objetivo General 1, se plantean los siguientes Objetivos específicos

- Conocer los diferentes estilos de aprendizaje de los alumnos aspirantes a los estudios de Ingeniería en la UTN-FRVT.
- Conocer el rendimiento académico de los alumnos aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN-FRVT en las cátedras de Física y Matemática.
- Describir, de existir, la relación entre los diferentes estilos de aprendizaje y el rendimiento académico en Matemática y Física del seminario de ingreso, de los alumnos aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN-FRVT.
- Encontrar tipologías de alumnos según diferentes relaciones entre los estilos de aprendizaje y los rendimientos académicos.

Para alcanzar el Objetivo General 2, se plantean los siguientes Objetivos específicos

- Conocer el nivel de uso del aula virtual por parte de los diferentes tipos de estudiantes.
- Describir las características que asume la participación de diferentes tipos de alumnos en el aula virtual.

## **Metodología**

Específicamente, este trabajo de investigación se ha planteado como un estudio de caso en dos etapas. Luego de la necesaria conceptualización, la primera tuvo el objetivo de obtener una primera caracterización del grupo de alumnos, atendiendo a sus estilos de aprendizaje y rendimientos académicos en el seminario de ingreso de la UTN FRVT durante los años 2010, 2011, 2012 y 2013. Esos primeros resultados se tomaron como insumo para profundizar, en la siguiente etapa, en el conocimiento sobre cómo se implicaron los diferentes tipos de estudiantes en el entorno virtual.

Así, con referencia al estudiante, concebido como sujeto psico-social en contexto, las variables de estudio que se han considerado son: el estilo de aprendizaje; el rendimiento académico (en Física y en Matemática) y el nivel de uso en el campus como un primer paso para el estudio de las interacciones, complementando variables cuantitativas y cualitativas, éstas últimas valoradas mediante observaciones en el aula y entrevistas a estudiantes.

El estudio de las relaciones entre rendimiento académico y estilos se ha utilizado para caracterizar los alumnos. Lo restante se propuso a los fines de estudiar e interpretar cómo se implican los mismos alumnos, cómo es su participación, cuáles son sus preferencias, cómo es su actividad en el entorno virtual, cómo se vincula / relaciona / se implica con los contenidos, cuáles son las herramientas de comunicación que utiliza.

El universo para esta investigación está constituido por 324 alumnos aspirantes a ingresar a UTN FRVT, en las carreras de ingenierías Civil y Electromecánica de los años 2010, 2011, 2012 y 2013. Se destaca que 214 de los alumnos aspirantes han ingresado como estudiantes de las carreras de ingenierías habiendo aprobado el Seminario.

## **Resultados**

De los estudios realizados sobre los Estilos de Aprendizaje, se encontró que el estilo predominante es el Reflexivo con el mayor porcentaje 44%, en ambas ingenierías. Este estilo es característico en las personas a las que les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas, recogen datos y los analizan con detenimiento antes de llegar a alguna conclusión. Además, son personas que gustan considerar todas las alternativas posibles antes de realizar un movimiento. Ellos disfrutan observando la actuación de los demás, escuchan a los demás y no intervienen hasta que se han adueñado de la situación. Entre sus características principales se pueden mencionar: ponderado, concienzudo, receptivo, analítico y exhaustivo

En tanto que, el estilo Activo se posiciona en el segundo lugar para ingeniería Civil, siendo característico en las personas que tienen predominancia de este estilo, el hecho de que se implican plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias, son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas. Además, son personas muy de grupo que se involucran en los asuntos de los demás y centran a su alrededor todas las actividades. Características principales: animador, improvisador, descubridor, arriesgado y espontáneo.

Por otra parte, en Ingeniería Electromecánica el segundo lugar pertenece al estilo Pragmático. Donde el punto fuerte de las personas con predominancia en Estilo Pragmático es la aplicación práctica de las ideas, descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentarlas. También, les gusta actuar rápidamente y con seguridad con aquellas ideas y proyectos que les atraen. Características principales: experimentador, práctico, directo, eficaz y realista.

Por último se puede mencionar que los alumnos con estilo de aprendizaje Teórico no son frecuentes en las carreras de ingeniería de la FRVT UTN. En este caso se trata de personas con predominancia Teórica que adaptan e integran las observaciones dentro de teorías lógicas y complejas, tienden a ser perfeccionistas e integran los hechos en teorías coherentes. Les gusta analizar y sintetizar, son profundos en su sistema de pensamiento, a la hora de establecer principios, teorías y modelos. Características principales: metódico, lógico, objetivo, crítico y estructurado.

En relación al rendimiento académico, los alumnos que han obtenido como resultado aprobado en el Seminario, en su mayoría no son de Venado Tuerto, no trabajan, sus padres tienen escolaridad primaria, sus madres secundario o terciario, ambos padres son empleados, siendo la ocupación del padre Constructor de influencia en la elección de la Especialidad Ingeniería Civil.

El análisis de la relación rendimiento académico con estudiante que trabaja se observó que la mayoría pertenece a la carrera de Ingeniería Electromecánica siendo a su vez que el 17,65% se desarrolla en el área electromecánica, el 11,76% manifiesta estar en relación de dependencia, dice ser “empleado”. Casi la mitad de este grupo no manifiesta la especialidad en la que se desarrolla. Con igual porcentaje, las especialidades en la que trabaja el resto de los aspirantes son: Empleada Doméstica, Operario Metalúrgico, Secretaria y Pintor.

Al analizar el nivel de estudio de los Padres de los aspirantes el mayor porcentaje encontrado (46,67 %) se refiere al nivel de estudios primarios y el menor porcentaje; sin tener en cuenta el % de NC, es del 16,19%, que corresponde al nivel de estudios terciarios y o universitarios. En cuanto al nivel de estudios de las madres de los aspirantes los resultados revelan un nivel superior al de los padres ya que el 22,86% tiene un nivel de estudios terciario y o universitario en comparación del solo 16,67 % del mismo nivel entre los padres. Además el porcentaje de madres con nivel secundario es mayor al de las madres con nivel primario.

Al considerar las ocupaciones de los padres según especialidad elegida por los aspirantes se comprueba que hay diferencias significativas, los aspirantes con padres constructores se inclinan por la Ingeniería Civil exclusivamente. Para la ocupación de las madres no ocurre lo mismo, el test aplicado asegura que no hay evidencia suficiente en los datos para afirmar que la ocupación de la madre influye sobre la especialidad elegida.

En relación a los resultados sobre las interacciones se refleja que el 86% de los alumnos han participado alguna vez en el campus. Del grado de participación se pueden considerar dos instancias como son: las vistas y los mensajes, resultando que las vistas



han sido de más 95 % en relación a los mensajes vertidos en el campus, donde se puntualiza que dentro de los tipos de vistas el 84,76% de los aspirantes participó en Course View (tuvo actividad en el campus durante el Seminario Universitario de Ingreso), el 43,81% de los aspirantes participó en Forum View Fórum (ingresó al foro de Novedades y/o el Foro de Matemática y Física); y el 39,05% de los aspirantes han participado en Forum View Discusion visitando los temas cargados por los docentes en el Foro de Matemática y/o Física.

Los principales temas (motivación) por los que los estudiantes han participado en los foros fueron: Lineamientos de trabajo, Material de estudio, calificaciones / notas; Notas de parciales; Notificación del 1° recuperatorio; Recuperatorio; entre otros.

Ahora bien, en relación a los alumnos que han aprobado el Seminario de Ingreso, la gran mayoría, el 92%, ha participado en el campus y obedece en 50% a alumnos que tienen estilo de aprendizaje reflexivo. Del restante 50% de alumnos la totalidad de los alumnos con estilos activo y pragmático ha participado en el campus. Algunos alumnos con estilo teórico de aprendizaje no han participado en el campus.

En tanto que los alumnos que no han aprobado el Seminario de Ingreso, la mayoría 74% pertenece a estilos reflexivos y activos, de los cuales el 40% no ha participado en el campus.

En relación con las observaciones realizadas en los foros, se coincide con Silva Quiroz (2007) cuando expresa que: *“En los cursos bajo entornos virtuales, existe una clase de alumnos que no participan activamente en la interacción del curso, ingresan, leen las participaciones de los demás, mantienen una actitud totalmente pasiva en cuanto a su actuación dentro del campus, a su vez, estos alumnos pueden estar al día con el desarrollo del curso y hasta presentan más tiempo de conexión que los demás”*. Se evidencia baja participación de los alumnos, de haber participaciones se efectúan respecto de consultas sobre notas, bajar materiales, prácticos. Estos datos han sido validados a través de las respuestas emitidas por los alumnos en las entrevistas online.

## **Conclusiones**

Con referencia al primer objetivo, se han caracterizado en términos de estilos de aprendizajes los diferentes tipos de alumnos aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN-FRVT de los años 2010, 2011, 2012 y 2013 y se han conocido los rendimientos académicos. En este caso el estudio ha sido abordado atendiendo a la existencia de factores multicausales que determinan el desempeño de los alumnos aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN-FRVT en las cátedras de Física y Matemática.

Se han descripto tipologías de alumnos en términos de estilos de aprendizajes y conocido los rendimientos académicos de los estudiantes con rasgos característicos generales para todos los aspirantes a estudios de ingeniería en la UTN FRVT y con rasgos particulares respecto de las carreras de Ingenierías Civil o Electromecánica.

Con referencia al segundo objetivo, se ha logrado conocer el nivel de uso del aula virtual por parte de los diferentes tipos de estudiantes y se han descripto las características que asumió la participación o presencia en el aula virtual de diferentes

tipos de alumnos; no encontrándose evidencias de interacciones que den cuenta de procesos de construcción social del conocimiento.

Es claro que esto no se ha dado porque no se ha favorecido lo mismo desde el diseño. No se han encontrado huellas que muestren alguna forma de estimulación o promoción de procesos de construcción social del conocimiento; no se han planteado actividades significativas.

Es innegable la necesidad de una transformación profunda del papel del profesorado del Seminario de Ingreso ante las Tecnologías de la Información y Comunicación; la misma requiere asimismo de la generación de condiciones; de una capacitación para un uso creativo, para transformar modelos transmisivos centrados en el docente por modelos participativos en los que tanto las actividades solicitadas a los estudiantes como el dominio didáctico y disciplinar de los distintos recursos del campus se enfoquen a la generación de conocimientos de un modo colaborativo.

El Seminario de Ingreso debería ser reorganizado desde una propuesta constructivista donde el aprendizaje es concebido como un proceso activo e interactivo, que demanda la puesta en marcha por parte de los alumnos de habilidades de pensamiento de nivel superior en relación con el tema abordado (por ejemplo, analizar, sintetizar, conceptualizar, relacionar, interpretar, generalizar, clasificar, etc.), pero también de mecanismos de interacción social con otros, tanto el docente como los propios pares. Los estudiantes lo demandan y a partir de la posibilidad de contar con una plataforma que lo posibilite emerge como un imperativo.

Se requiere hacer los cambios necesarios en los diseños y prácticas donde aprender se identifica con realizar actividades que demanden pensar sobre los contenidos tratados y también participar, comunicarse y trabajar cooperativamente con los demás miembros del grupo y se exija que el estudiante adopte un rol activo e interactivo en su proceso de formación (por ejemplo, las discusiones, debates o análisis de casos en foros de las plataformas; la elaboración de proyectos grupales a través de wikis y redes sociales; la confección de diarios de aprendizaje en blogs; la formulación de informes de investigación en formato multimedia en el soporte de blogs o wikis, etc.), de modo de lograr que el valor agregado que pueden aportar los ambientes virtuales en el terreno educativo, consista en su potencialidad para convertirse en escenario de propuestas didácticas que enfatizen el protagonismo del alumno en la apropiación del conocimiento y se propicie el aprendizaje colaborativo.

Adecuando la enseñanza a los estilos de aprendizaje y profundizando la implementación colaborativa de los entornos virtuales de aprendizaje es de esperar que mejoren los rendimientos académicos.

### **Bibliografía**

Garbanzo Vargas, G. (2007) Revistas académicas Revista Educación, Vol. 31, núm. 1 (2007) ... universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública [revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/rt/printerFriendly/1252/0](http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/rt/printerFriendly/1252/0)

García Cué L.J., Domingo J. Gallego Gil, Alonso C. García, J., Rincón .S.(2008) Documentación del IV Congreso Internacional de EducaRed, Fundación Telefónica, Madrid, España. ISBN-13: 978-84-691-1364-6 Artículo: *Uso de una plataforma en línea para la Gestión del Conocimiento de las Matemáticas*. PP10 Dirección: [http://www.educared.net/congresoiv/exp\\_5\\_17.html](http://www.educared.net/congresoiv/exp_5_17.html)

Silva Quiróz, J. E. (2007). *Las interacciones en un entorno virtual de aprendizaje para la formación continua de docentes de enseñanza básica*”. Tesis de doctorado para obtener el título de Doctor en Multimedia Educativo, Facultad en Ciencias de la Educación, Universidad de Barcelona. Obtenido el 20 de julio de 2009, desde <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0713107-120211/index.html>

## **07TCE - CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA EN LIBROS DE TEXTO UNIVERSITARIOS**

**GIACOSA, N. S.; MAIDANA, J. A.; SUCH, A.**

**Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de  
Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones. Argentina.**

**E-mail: [norah@correo.unam.edu.ar](mailto:norah@correo.unam.edu.ar)**

### **Resumen**

Se muestran resultados preliminares de un estudio descriptivo de casos múltiples. Se examinó, mediante el análisis de contenido, la presentación del tema circuitos eléctricos de corriente alterna en diez libros de texto universitarios de uso frecuente en Argentina. Se encontró que el tema, a juzgar por la jerarquía y el peso relativo, es relevante para la formación de los futuros Ingenieros. La secuencia propuesta, en términos generales, es homogénea, no así el tratamiento matemático. Se concluye que la tendencia al uso de ciertas herramientas matemáticas acotaría el desarrollo de algunas competencias profesionales potencialmente útiles.

### **1. Introducción**

La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria estableció los contenidos mínimos que deben incluirse en el área de Física en los Planes de Estudios de las carreras de Ingeniería (CONEAU, 2001). Entre ellos se cita Electromagnetismo; y bajo esta denominación se incluye el tema circuitos de corriente alterna (CA).

Los estudiantes universitarios, en general, tienen dificultades para comprender los fenómenos que acontecen en circuitos de CA. Si bien son múltiples los factores que pueden atribuirse a las deficiencias detectadas en la corrección de sus exámenes escritos, los autores creen que uno de ellos está relacionado con los libros de texto (LT) que utilizan habitualmente los alumnos. Se sostiene, como lo hacen otros investigadores (Campanario, 2006, King, 2010), que las explicaciones presentes en los LT no siempre son lo suficientemente claras para facilitar la construcción de conocimientos.

El libro de texto, según Moya Pardo (2008), es una modalidad específica de recurso didáctico diseñado para el acto pedagógico de un nivel educativo particular. A diferencia de otros materiales de consulta, se presume que la lectura deber realizarse en el “orden” propuesto por sus autores para promover el aprendizaje de ciertos contenidos. Para que sean económicamente viables, las editoriales procuran producir LT que resulten fáciles de usar en diferentes instituciones educativas, abarcando así la mayor cantidad de eventuales compradores (del Carmen y Jiménez Aleixandre, 1997). Por su parte Apple (1989) sostiene que los LT no se definen como elementos comerciales en función de sus verdaderos lectores, sino de los profesores, quienes serán el medio a través de los cuales los LT se venderán o no. Gimeno Sacristán y Pérez Gómez (2005) afirman que los LT constituyen herramientas mediadoras que traducen y concretan aquellos significados incluidos en el *currículum* prescripto por los organismos gubernamentales.

Por otro lado, la comprensión lectora, desde la postura asumida por los integrantes del equipo de investigación y como lo plantean otros autores (Graffigna *et al.*, 2008; Sardá *et al.*, 2006), no es la mera decodificación literal del texto en sí, sino más bien la

construcción de significados que elabora el lector basándose en sus experiencias previas, intereses, esquemas cognitivos y propósitos pretendidos.

Desde el punto de vista de pedagógico, el lenguaje especializado de los LT de Física ofrece una doble dificultad. Por un lado, utiliza algunos términos de uso habitual que a veces, en el contexto científico, tienen un significado distinto al que se le otorga en la vida cotidiana; y por otro, usa de una manera particular las Matemáticas como herramientas privilegiadas para expresar las leyes que describen los fenómenos físicos (Gellon *et al.*, 2005). En este mismo sentido, Alexander y Kulicowich (citados en Pocoví y Hoyos, 2008) catalogan los LT de Física como “bilingües” ya que el lector debe realizar una “traducción” entre un sistema simbólico (matemático y científico) y un sistema lingüístico (expresiones verbales). Por su parte, el estudio de Strube (citado por Solaz-Portolés y Moreno-Cabo, 2008) revela que la mayoría de los LT de Física contienen un alto índice de explicaciones no justificadas que se limitan a informar al lector de resultados; y un bajo índice de explicaciones indagativas que describan las dificultades conceptuales y experimentales que acompañaron el desarrollo de los conceptos científicos.

En la revisión realizada por Occelli y Valeiras (2013) se seleccionaron 127 artículos de revistas de Enseñanza de las Ciencias que toman como objeto de estudio a los LT. Según estas investigadoras, la mayor parte de las publicaciones analizadas señalan que los contenidos científicos se presentan en los LT de manera desactualizada, con numerosos errores conceptuales o presentan miradas reduccionistas de los temas.

La necesidad e importancia de estudios relacionados con la calidad de los LT se reconoció clara y explícitamente, en la República Argentina, en el Informe Final realizado por la Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de Ciencias Naturales y la Matemática. En él puede leerse: “*Se recomienda que las autoridades educativas generen iniciativas que aseguren la calidad de los libros de texto existentes en el mercado*” (MCyE, 2007, p. 7). Entre las acciones para lograrlo; se propone crear un comité de análisis de LT, elaborarlos teniendo en cuenta esos resultados y; difundir y promover su uso en el nivel primario, secundario y superior.

## **2. Objetivos**

Teniendo en cuenta la problemática y los antecedentes citados, el propósito de este trabajo es contribuir a la literatura existente sobre la caracterización de LT universitarios de Física en relación al tema circuito de CA.

Se pretende en esta ocasión, dado el espacio disponible, contextualizar el tema dando respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Qué jerarquía se otorga en los LT analizados al tema circuitos de CA? ¿Cuál es peso relativo del tema? ¿Qué secuencia didáctica de contenidos se proponen en los LT? ¿Qué tipo de tratamiento matemático se muestran en los LT durante la exposición del tema?

## **3. Metodología**

La metodología que se consideró más adecuada para los propósito de esta investigación se sitúa en la modalidad de estudio descriptivo de casos múltiples (Ander-Egg, 2010). Se seleccionó un conjunto de LT universitarios que se utilizan frecuentemente para la enseñanza de Electromagnetismo en el ciclo básico de carreras de Ingeniería que se desarrollan en Argentina. Seguidamente, dada la imposibilidad de analizar todos los LT existentes en el mercado, se escogieron diez con ciertos criterios: a) que esté citados en los Programas Analíticos, b) el autor no se repitiera y c) su edición fuera lo más actual

posible. Por último, se ordenaron alfabéticamente y codificaron (T1, T2, etc.) como se muestra en la Tabla 1. Dicho código se empleará para referirse a ellos en lo que sigue.

**TABLA 1:** Libros de texto y código asignado

<b>Código</b>	<b>Libro de texto</b>
T1	Alonso, E. y Finn, E. (1976) <i>Física. Vol. II Campos y ondas</i> . Barcelona. España: Fondo Educativo Interamericano S.A.
T2	Bauer, W. y Westfall, G. (2011) <i>Física para Ingeniería y Ciencias con Física moderna. Volumen 2</i> . 1º Ed. México: McGraw Hill.
T3	Gettys, E.; Keller, F. y Skove, M. (2005) <i>Física para Ciencias e Ingeniería. Tomo II</i> . México: McGraw Hill.
T4	Giancoli, D. (2009) <i>Física para Ciencias e Ingeniería con Física moderna. Volumen II</i> . 4ta Ed. México: Pearson Educación
T5	Halliday, D.; Resnick, R. y Krane, K. (1999). <i>Física. Vol. 2</i> . 4ta. Ed. México: Compañía Ed. Continental, SA.
T6	McKelvey, J. y Grotch, H. (1981) <i>Física para ciencias e ingeniería. Tomo II</i> . 1ra. Ed. México: Harla S.A.
T7	Serway, R. y Jewett, J. (2009) <i>Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 2</i> . 7ma. México: Ed. Cenage Learning Editores S.A.
T8	Tipler, P. (1993) <i>Física. Tomo 2</i> . 3ra Ed. España: Editorial Reverté S.A.
T9	Tippens, P. (2011) <i>Física, conceptos y aplicaciones</i> . 7º Ed. Perú: McGraw Hill.
T10	Young, H. y Freedman, R. (2009) <i>Física universitaria con Física Moderna. Vol.2</i> . 12º Ed. México: Pearson Educación.

Como técnica de estudio se empleó el análisis de contenido (Bardín, 1996). Las categorías que se utilizaron para la exploración del material impreso, relativo al tema circuitos de CA, fueron: *a) Jerarquía otorgada al tema, b) Peso relativo del tema, c) Secuencia de contenidos propuestos en la presentación del tema y d) Tratamiento matemático dado al tema.*

*a. Jerarquía otorgada al tema:* Las subcategorías para el estudio de esta variable se circunscribieron a: (a.1) *Capítulo*, (a.2) *Parte de capítulo*, (a.3) *Tema de capítulo* y (a.4) *Sub-tema de capítulo*.

*b. Peso relativo del tema:* Para analizar esta variable se determinó la relación porcentual entre los números de páginas dedicadas al tratamiento del tema objeto de estudio y el total de la obra. Teniendo en cuenta los valores extremos obtenidos se estableció la amplitud que debería tener cada intervalo que representara cualitativamente a los LT. Las subcategorías usadas son: (b.1) *Bajo*, (b.2) *Moderado* y (b.3) *Alto*.

*c. Secuencia de contenidos propuestos en la presentación del tema:* Se contextualizó el tema teniendo en cuenta los capítulos anteriores y posteriores de la obra; y el orden particular con el cual se desarrolla el tema en la sección correspondiente. Interesó además, analizar cómo y en qué lugar del LT se define el generador simple de corriente alterna (CA).

*d. Tratamiento matemático dado al tema:* Acorde con el tema a explorar, se seleccionaron las siguientes subcategorías: (d.1) *Sustitución*, (d.2) *Análisis Integro-diferencial*, (d.3) *Análisis fasorial*, (d.4) *Análisis Trigonométrico* y (d.5) *Utilización de Números complejos*.

#### 4. Resultados

*a. Jerarquía otorgada al tema:* En el 40% de los LT analizados, el estudio del circuitos de CA aparece como capítulo (T5, T7, T8, T10), en el 50% de los ejemplares se

presenta como parte de capítulo (T2, T3, T4, T6, T9) y en el 10% (T1) restante debe localizarse como sub-tema de capítulo. En ninguna ocasión el estudio circuitos de CA se exhibe como tema de capítulo.

El único elemento de la muestra seleccionada que aborda el estudio de circuitos de CA como sub-tema, denominado Oscilaciones forzadas, es el T1. En el capítulo destinado a Campos electromagnéticos dependientes del tiempo, bajo el título de Oscilaciones eléctricas se presenta, primeramente, el sub-tema Oscilaciones Libres; y a continuación, el tema objeto de estudio. Consultando la descripción del capítulo que realizan los autores al inicio de la obra y que está titulada Advertencia al Profesor puede leerse: “*La formulación de las ecuaciones de Maxwell es el tema principal de este capítulo. El tema de circuitos CA sólo se discute de paso en el texto, aunque hay muchos buenos ejemplos resueltos y problemas al final del capítulo para ayudar al estudiante a adquirir cierta habilidad para manejar dichos circuitos.*” (T1, p.x). Los ejemplos resueltos a los que aluden resultan ser dos. Los problemas que se exhiben al final del capítulo son 57, de ellos 17 (30%) tratan el tema circuitos de CA.

**b. Peso relativo del tema:** El peso relativo del tema circuitos de CA es diverso en la muestra seleccionada. Varía desde un mínimo igual 1,5% (T1) a un máximo de 7,2% (T8). La amplitud de los intervalos resultó ser de 1,9%. El peso relativo del tema es *bajo* en T1 y T9; *moderado* en T2, T3, T4, T5, T6 y T10; y *alto* en T7 y T8.

**c. Secuencia de contenidos propuestos en la presentación del tema:** En todos los LT se propone estudiar los circuitos de CA luego de haber abordado los fenómenos eléctricos que acontecen en circuitos eléctricos alimentados por una fuente electromotriz (fem) de corriente continua en capítulos anteriores. El capítulo antepuesto se dedica al estudio de los fenómenos de inducción electromagnética en seis LT (T2, T4, T5, T7, T9, T10), a los campos y/o propiedades magnéticos/as de la materia en tres LT (T3, T6, T8) y a campos electromagnéticos estáticos en uno (T1). Es de destacar que en la mayoría de los LT (90%) se presenta el tema habiéndose analizado primeramente oscilaciones eléctricas libres, ideales (*LC*) y con amortiguamiento (*LCR*), en circuitos eléctricos conformados por una bobina y un condensador (previamente cargado) conectados en serie. Existe un solo LT (T8) donde se propone una secuencia de lectura diferente. Así; Circuitos *LC* y *LCR* sin generador se ubica entre el tema circuitos eléctricos puros (resistivo, inductivo y capacitivo) conectado a una fem de CA y el tema circuitos *RLC* alimentados por un generador de CA.

El capítulo posterior a circuitos eléctricos de CA se concentra al estudio de Ondas electromagnéticas en siete LT (T2, T4, T5, T6, T7, T8, T10) conjuntamente con las Ecuaciones de Maxwell en tres de ellos (T4, T6, T9), existiendo un solo LT donde se propone este último tema como título de capítulo (T5). En los dos LT restantes se presentan: Movimiento ondulatorio (T1) y Luz e iluminación (T9).

En todos los ejemplares analizados antes de dedicarse al estudio específico de circuitos de CA ya se presentó cómo se puede generar una fem inducida mediante el movimiento de un conductor en un campo magnético uniforme. La fem inducida que se obtiene por rotación de una espira o generador simple de CA se trató, en la mayoría de los LT en capítulos anteriores (T2, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10) y en los restantes (T1, T6) en el mismo capítulo. Sólo dos LT, T5 y T8, lo hacen en detalle en capítulos anteriores y a manera de revisión breve en el mismo capítulo.

El análisis realizado para determinar la secuencia particular del tema en la sección correspondiente muestra que los LT pueden agruparse en dos grupos diferenciados. En uno de ellos, conformado por el 80% de los LT (T2, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10), se presentan los circuitos eléctricos simples conformados por un solo elemento antes de la conexión en serie de los tres elementos. En el otro grupo, constituido por el 20% restante (T1, T6), se exhibe directamente el circuito completo *RLC* en serie.

Además, en los LT del primer grupo es posible identificar dos secuencias de estudio diferentes. Mientras que en la mayoría de los LT (T4, T5, T7, T8, T9, T10) se propone el orden *R*, *L* y *C*; en otros LT (T2, T3) se plantea la disposición *R*, *C* y *L*. Como puede verse, aunque las secuencias son disímiles, la totalidad de los LT del primer grupo coincide en plantear los circuitos resistivos puros como inicio del tema.

Por otro lado, en el 60% de los LT (T1, T2, T3, T5, T6, T7) el tema relativo al valor eficaz de CA y valor eficaz de voltaje alterno se trata luego de haber mostrado los circuitos eléctricos cuando se estudia el tema Potencia en circuitos de CA; en el 40% restante (T4, T8, T9, T10) se aborda en la introducción o en capítulos anteriores y antes de analizar los circuitos eléctricos de CA.

Existe un solo LT (T9) donde luego de estudiar los circuitos *RLC* en serie se propone abordar el tema circuitos *RLC* conectados en paralelo.

**d. Tratamiento matemático dado al tema:** Las explicaciones y procedimientos que se muestran en los LT durante el desarrollo del tema de circuitos puramente resistivos, inductivos o capacitivos son diferentes, no obstante pueden identificarse algunas pautas comunes en ciertos ejemplares. Por ejemplo, en cuatro LT (T2, T3, T7, T8) la oscilación conocida es la proporcionada por la fuente de fem alterna y las deducciones realizadas tienen por propósito determinar la CA instantánea en cada uno de los elementos. En cambio, en otros tres LT (T4, T5, T10) se asume que se conoce la CA instantánea y se determina la diferencia de potencial instantánea en las terminales de los elementos.

En los LT, donde fue posible realizar el análisis de circuitos puros, se utiliza la mayoritariamente la ecuación de la malla de Kirchhoff y en menor medida la ley de Ohm para obtener una ecuación integro-diferencial. Los procedimientos empleados para su resolución se circunscriben a: *sustitución*, en el caso de circuitos resistivos puros; *derivación* e *integración*, en circuitos que sólo tienen inductor o condensador. En todos los ejemplares, se utilizan identidades trigonométricas, fundamentalmente aquellas que pueden establecerse entre ángulos complementarios y que posibilitan expresar una función seno como una función coseno o viceversa.

En la muestra de LT analizada existen dos ejemplares (T5, T6) sobre diez donde se utiliza el análisis trigonométrico para resolver la ecuación de un circuito conformado por resistencia, bobina y condensador conectados en serie a una fuente de fem alterna. En todos los LT se presenta la resolución gráfica utilizando fasores. En cuatro ejemplares (T1, T5, T6, T8) se plantea la ecuación diferencial no homogénea y se propone una posible solución, en tres de ellos (T1, T5, T8) apelando a la analogía entre un oscilador mecánico amortiguado y un oscilador electromagnético excitado; en el otro (T6) a la semejanza con en el circuito inductivo de CA de la bobina primaria de un transformador.

En la mitad de los LT (T1, T3, T5, T6, T8) se especifica que la solución general está conformada por dos corrientes, una de ella *transitoria* y la otra *estacionaria*; y dado que la primera disminuye exponencialmente con el tiempo y se reduce a cero rápidamente, se centrará el estudio en la corriente estacionaria o también denominada *estable*. En otro



LT (T10), se indica que al conectar la fuente existen voltajes y corrientes adicionales que reciben el nombre de *oscilaciones momentáneas*; y si bien dichas oscilaciones no afectan el comportamiento del estado estable del circuito pueden ser peligrosas en las líneas de conducción, de allí que los sistemas electrónicos delicados suelen tener protectores contra oleadas de la línea eléctrica.

En ningún ejemplar de la muestra se utilizan los números complejos para la resolución de circuitos RLC en serie.

Por otro lado, es de hacer notar que en el procedimiento de resolución de la ecuación de malla de un circuito RLC en serie es posible identificar dos criterios diferenciados. En el 70% de los LT (T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8) se describe la CA instantánea del circuito partiendo de una determinada fem de CA. En el 20% de la muestra (T4, T10) el procedimiento es inverso; es decir se analiza la fuente de CA capaz de hacer circular una CA establecida a priori. Existe un único LT, T9, donde la solución no se formaliza en ecuaciones temporales de fem de CA ni de CA relacionadas entre sí.

De la comparación entre los procedimientos empleados en circuitos simples y RLC en serie, surge que el único LT que invierte la oscilación conocida y por ende la oscilación que se pretende describir es el T5.

## 5. Conclusiones

El tema circuitos eléctricos de CA tiene una jerarquía importante, capítulo o parte de un capítulo, en el 90% de los ejemplares analizados. Existe un único LT (T1) donde la presencia del tema es sensiblemente menor que en los otros. El peso relativo del tema es heterogéneo en la muestra de LT seleccionados. El menor valor resultó ser el del T1, donde se destina el 1,5% de páginas de la obra para su desarrollo; en tanto que el mayor fue de 7,2% en el T8. En este estudio, el peso relativo resultó moderado en la mayoría de LT (T2, T3, T4, T5, T6 y T10). De los datos empíricos anteriores se infiere la relevancia que tiene el tema circuitos de CA para la formación de estudiantes de Ingeniería.

La secuencia del tema en los LT seleccionado, en términos generales, es homogénea, excepto por el orden en que se propone estudiar los temas Oscilaciones libres en circuitos LC y LCR sin generador y Valor eficaz de corriente y voltaje alternos. En la muestra de LT analizada se advierten dos posturas diferenciadas respecto al tratamiento u omisión de circuitos simples. Prevalece aquella que exhibe los casos de circuitos simples que poseen un solo elemento por sobre la propuesta que exhibe la combinación en serie de los tres elementos. En un solo LT (T9) se propone estudiar circuitos RLC conectados en paralelo.

Respecto al tratamiento matemático del tema, se aprecia que en la totalidad de los ejemplares de la muestra analizada se utiliza el análisis fasorial. En el 40% de los casos (T1, T5, T6 y T8) se plantea la ecuación diferencial no homogénea de un circuito RLC en serie, pero en ningún ejemplar se muestra la resolución que posibilita deducir la solución estacionaria propuesta. En menor porcentaje, 20% (T5 y T6), se usa el análisis trigonométrico para resolver la ecuación de la malla y en ninguna ocasión se emplean los números complejos. Los porcentajes citados reflejarían una tendencia en los LT analizados al uso limitado a ciertas herramientas matemáticas, dejando de lado otras potencialmente útiles para el desarrollo de determinadas competencias profesionales. El alto índice de explicaciones no justificadas que se usan en esta muestra de LT para informar al lector de resultados no demostrados coincide con los hallazgos del estudio realizado por Strube (*op. cit.*).

Dadas las características del estudio exploratorio de casos múltiples descrito, los resultados obtenidos no generalizables. Sin embargo, se espera que los mismos puedan servir de insumo para orientar a los docentes de Física en el proceso de selección de LT. También se anhela promover investigaciones relacionadas con los LT y la comprensión lectora.

## Bibliografía

- Ander-Egg, E. (2010) *Métodos y Técnicas de investigación social, Vol. III: Cómo organizar el trabajo de investigación* España: Lumen.
- Apple, M. (1989). *Maestros y Textos. Una economía política de las relaciones de clase y de sexo en educación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Bardin, L. (1996) *Análisis de contenido*. Akal. Madrid.
- Campanario, J. M. (2006). Using textbook errors to teach physics: examples of specific activities. *European Journal of Physics*, 27(4): 975-981.
- CONEUA (2001) Res. N° 1232/01. En <<http://www.coneau.gob.ar/archivos/538.pdf>> Acceso 5 diciembre 2014.
- del Carmen, L. y Jiménez Aleixandre, M. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*. 11: 7-14.
- Gellon, G.; Rosenvasser Free, E.; Furman, M. y Golombek, D. (2005) *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Paidós.
- Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (2005) *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Graffigna, M., Luna, A., Ortiz, A., Pelayes, A., Rodríguez Manzanares, M. y Varela, C. (2008) Lectura y comprensión de textos en el nivel superior: un desafío compartido entre alumnos y docentes. *Revista Iberoamericana de Educación*. 46 (2) 4: 1-15.
- King, C. (2010). An analysis of misconceptions in science textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32(5): 565-601.
- MECyT (2007) *Informe y Recomendaciones de la Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática*.
- Moya Pardo, C. (2008) Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar. *Cuadernos de Lingüística Hispánica*. 11: 133-152.
- Occelli, M. y Valeiras, N. (2013) Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2): 133-152.
- Pocoví, C. y Hoyos, E. (2008) Traducción del sistema simbólico al lingüístico en la presentación de la corriente de desplazamiento en libros de texto de nivel universitario básico. *IX Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física*. Rosario. UNR.
- Sardá, A.; Márquez, C. y Sanmartí, N. (2006) Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *REEC*. Vol 5, N° 2: 290-303.
- Solaz-Portolés y Moreno-Cabo (2008) *Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias*. En < [www.eumed.net/libros/2008c/467/](http://www.eumed.net/libros/2008c/467/) > Acceso 13 mayo 2010.

## **08TCE - DEBILIDADES EN LIBROS UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA**

**RODRÍGUEZ, C. S.; SANTORO, M. I.; JUÁREZ, S.M.**

**Área Química. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA).  
Universidad Nacional de Rosario (UNR). Av. Carlos Pellegrini 250. (2000) Rosario.  
Santa Fe. Argentina.  
E-mail: [cristina@fceia.unr.edu.ar](mailto:cristina@fceia.unr.edu.ar)**

### **Resumen**

En CLICAP 2012, expusimos dos presentaciones referidas a la enseñanza de Química en las Ingenierías no Químicas. En la primera, relatamos acciones para desarrollar competencias comunicativas en futuros ingenieros no químicos. En la segunda, describimos el proyecto de investigación Código ING347 (2011-2014), en el cual se valoró la capacidad argumentativa potencial de las explicaciones presentes en los libros de ciencias experimentales cuyas conclusiones mostramos en esta presentación. No encontramos textos argumentales completos; en muchos casos, los distintos componentes de un argumento se encuentran dispersos a lo largo de varios capítulos no formando parte de un único argumento. Concluimos que lo observado resta fortaleza conceptual y argumentativa, viéndose severamente afectada la calidad de la argumentación, lo que impacta débilmente en la capacidad argumentativa de los lectores.

### **1. Introducción**

Proponer un diseño básico para un curso inicial de Química en la universidad representa una tarea compleja y no existe un diseño ideal o universal. Un diseño aceptable debe tener como fundamentos tanto el conocimiento de la Química como el de los estudiantes y de las comunidades a las que ellos pertenecen. En el primero, aparece la ciencia, de carácter hipotético, incompleto y provisorio, con sus teorías y explicaciones formuladas en términos de "no observables" que están en constante contrastación. El segundo remite a las motivaciones, intereses, capacidades y limitaciones de los estudiantes y a las propias de las instituciones y sociedades, enfatizándose en asegurar el desarrollo y potenciación de las competencias, inmediatas y mediatas, que se espera de los estudiantes, tanto en las comunidades de pertenencia como en aquellas otras que resulten de interés. Para el desarrollo de tales competencias deben incluirse destrezas de razonamiento y de argumentación como contenidos a ser enseñados.

La decisión de incluir como contenido básico del currículo de las ingenierías no químicas, las propiedades físicas, eléctricas y mecánicas de sustancias y materiales, surge de la relevancia del tema para los estudiantes de estas carreras, que necesitan comprender por qué las sustancias y materiales con las que trabaja un ingeniero poseen determinadas propiedades, más que saber sólo cuáles son. Desde 2007, su enseñanza se planifica en base a dos modelos: el Modelo Argumental de Toulmin (MAT) (Toulmin 1958) (Toulmin 1993 citado en Sardà y Sanmartí 2000, p: 408 ) y un segundo constituido por la unión del MAT y los textos referenciales basados en el Modelo Corpuscular y Energético (MCE). A la vez, para el aprendizaje autónomo eficaz, los estudiantes deben comprender lo que expresan los libros de textos, pues, si bien la

construcción de los significados en el aula es un insumo valioso para ello, el libro se constituye en un capital al que recurren con la seguridad del afianzamiento de sus aprendizajes. A partir de la lectura de los contenidos expresados en dichos libros, los estudiantes deberían ser capaces de escoger el mejor modelo o explicación entre distintas opciones, saber justificar los criterios que conducen a esa elección y construir sus propios textos argumentales con validez científica. Sin embargo, las habilidades generales como lectura y escritura que aprendieron los estudiantes en la educación previa, no pueden resolver ciertos requerimientos específicos que se demandan en la Educación Superior. Es una realidad que, en el aula de Química en las carreras de Ingeniería no químicas, la enseñanza de la lectura de textos científicos no está deliberadamente planificada. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la escritura. Al enseñar explícitamente a explicar, justificar, argumentar, se enseñan a escribir textos académicos científicos que mucha falta hace a los universitarios quienes, por su condición de recién llegados a los modos discursivos disciplinares, precisan de tal enseñanza (Carlino, 2007). En cuanto a la lectura de libros universitarios, es ésta una práctica nueva para los estudiantes y altamente compleja. Según Carlino (2003, p: 4) la dificultad de los estudiantes radica en la “naturaleza implícita de los saberes puestos en juego” en los libros, que contienen “información tácita, que los autores suponen que el lector puede reponer”. Atendiendo a esta problemática es que se propuso valorar la capacidad potencial para desarrollar el razonamiento argumentativo que poseen los libros de Química, para luego ayudar a explicitar aquello subyacente, que se omite o que los autores callan porque lo dan por sobreentendido.

## **2. Objetivos**

2.1.- Analizar las explicaciones presentes en los libros universitarios de Química General referidas a las propiedades punto de fusión (**PF**) y punto de ebullición (**PE**) de sustancias y materiales. 2.2.- Hacer una valoración respecto de si son potencialmente favorables para desarrollar la capacidad argumentativa en los lectores.

## **3. Metodología**

3.1. **Selección de la muestra:** se analizaron cuatro libros universitarios traducidos al español: Principios de Química. Los caminos del descubrimiento, Atkins y Jones (2012); Química, Chang R. (2007); Química. Un proyecto de la American Chemical Society (2005) y Química. La Ciencia Central, Brown, LeMay y Bursten (2004). Luego de hacer una lectura de la mayoría de los capítulos, se seleccionaron aquellos en donde aparecen las propiedades mencionadas y se analizaron párrafos en donde se utilizan y se explican estas propiedades. Además, se analizaron tanto la calidad de los enunciados de los ejercicios y preguntas de autoevaluación de final de capítulo, como sus respectivas respuestas explicativas.

3.2. **Herramienta de análisis:** para saber si el discurso explícito se asemeja desde el punto de vista de la argumentación al discurso argumentativo de la química se propuso averiguar si en los libros se relacionan explícitamente las teorías, los datos y las conclusiones, con estrategias de razonamiento similares a las que, según nuestro criterio, deberían emplear los estudiantes. Se consideró un texto argumental completo (MAT y MCE) el que contiene datos (**D**) justificados (**J**) de forma relevante, en función de razones fundamentadas (**F**) en el conocimiento científico aceptado, de la que surge una conclusión (**C**) cuya fuerza estará influenciada por refutadores (**R**) y/o calificadores

modales (**CM**) y pruebas (**P**). En cuanto a las razones fundamentadas, éstas corresponden a las explicaciones científicas, cuya enseñanza y aprendizaje resultan desafiantes en las clases de química. En base a un texto argumental de referencia general (Rodríguez et al., 2013) y dos textos argumentales de referencia particulares, para las propiedades **PE** y **PF**, se identificaron los componentes del MAT y de las funciones que cumplen en las explicaciones analizadas.

### **3.3.- Clasificación de los textos explicativos del cuerpo del capítulo y de las respuestas explicativas a los ejercicios y preguntas de final de capítulo:**

3.3.1.- Textos argumentales completos (D-J-C-F-P-R-CM); 3.3.2.- Textos argumentales incompletos (D-J-C-P); (D-C-F-P); (Di-Ji-C-Fi-P): aquellos que, apelando a los entes y las entidades del mundo submicroscópico y a la energía disponible de los sistemas, omiten uno o dos componentes, o presentan componentes incompletos. 3.3.3.- Textos no argumentales: (D-J-C-F macroscópico) (D-C) datos, justificación, fundamento y conclusión apelando solamente al nivel macroscópico y a la energía disponible de los sistemas o bien Datos y Conclusión

### **3.4.- Clasificación de la calidad de los textos para valorar la potencial influencia que ellos poseen para desarrollar la capacidad argumentativa de los lectores:**

Calidad Suficiente (S): cuando aparece explícitamente un argumento científico, coherente, riguroso, completo, y convincente con todos los componentes y nexos que los relacionan, consideramos que es un texto de alta calidad argumental. Calidad Insuficiente (I): cuando aparece explícitamente cada uno de los componentes sin los nexos adecuados entre ellos, o falta uno de los componentes o alguno/s de ellos está incompleto. Calidad Nula (N): cuando falta más de un componente, o se indican causas sin explicación, o están varios muy incompletos.

### **3.5.- Clasificación de la calidad de los enunciados de ejercicios y preguntas de final de capítulo para valorar la potencial influencia que ellos poseen para desarrollar la capacidad argumentativa de los lectores:**

De acuerdo a las habilidades que el autor pretende que se pongan en juego al resolver dichos ejercicios, se clasificaron en diferentes calidades: Calidad Suficiente (S): aquellos que solicitan explicar o argumentar propiedades o fenómenos con ejemplos diferentes a los presentados en el capítulo. Calidad Insuficiente (I): aquellos que solicitan explicar y/o justificar propiedades o fenómenos con ejemplos idénticos o similares a los presentados en el capítulo. Nula Calidad (N): aquellos que no solicitan explicar, justificar ni argumentar.

## **4. RESULTADOS**

El análisis permitió conocer las debilidades de los libros, pues no se encontraron textos argumentales completos ni tampoco tareas que soliciten explicaciones en donde el lector necesite tomar decisiones sobre los datos, justificar tales decisiones, u optar entre diferentes explicaciones y justificar dicha elección. En los textos analizados no se hace referencia alguna a la argumentación científica ni a la forma de construcción de la misma. Sin embargo, el libro ACS es el único que, al menos, expresa que el lector deberá explicar, justificar y argumentar en ciertas ocasiones pero no presenta ninguna respuesta explicativa a los ejercicios de autoevaluación.

Si bien las explicaciones presentadas contemplan ciertos componentes del MAT y del MCE, esto no implica que los textos muestren una estructura argumentativa, es decir los libros, a nuestro criterio, no comunican con precisión y solidez la argumentación subyacente.

**4.1.- Textos del cuerpo del capítulo:** se analizaron en total 48 párrafos referidos a PE y PF de sustancias. No se encontró ningún texto argumental completo de cinco o más componentes del MAT. En la tabla 1 se presenta el porcentaje de textos argumentales incompletos y no argumentales y la calidad de los textos para la valoración de la potencial influencia en el desarrollo de la capacidad argumentativa del lector.

**TABLA 1:** Porcentaje de textos argumentales incompletos y no argumentales y la calidad de los textos en los cuatro libros

	DE	Textos argumentales incompletos (con uno o dos componentes incompletos)		Textos no argumentales	
		5	4	3	2
NÚMERO COMPONENTES					
PORCENTAJE		8 %	30%	41%	21 %
CALIDAD		I	I	N	N

**4.2.- Respuestas explicativas a los ejercicios y preguntas de final de capítulo:** En los cuatro libros analizados, no se encontró ninguna respuesta con cinco o cuatro componentes del MAT. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2:** Porcentaje de textos no argumentales y calidad de las respuestas a los ejercicios y preguntas de final de capítulo en cada uno de los libros

LIBROS	BROWN	CHANG	ACS	ATKINS
PORCENTAJE	90 % 2 y 3 componentes incompletos (D, F, C)	10% 2 componentes Incompletos (F, C)	0 %	30% 2 y 3 componentes incompletos (D, F, C)
CALIDAD	N	N	N	N

**4.3.- Calidad de los enunciados:** Los cuatro libros analizados presentan ejercicios de final de capítulo que dan solución a situaciones similares a las resueltas o abordadas en el capítulo. En ningún caso se solicita argumentar. Son escasos los enunciados que solicitan justificar o explicar la elección entre varias opciones. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

**TABLA 3:** Porcentaje de enunciados que solicitan explicar y/o justificar situaciones similares a las resueltas en el capítulo y calidad de los enunciados

LIBROS	BROWN	CHANG	ACS	ATKINS
PORCENTAJE	47%	66%	35%	32%
CALIDAD	I	I	I	I

4.4.- **Ejemplos:** 4.4.1.- Textos argumentales incompletos de cuerpo de capítulo.

**Chang** Página 474: Cristales moleculares: Se enuncian los datos (**D**) moléculas atraídas por fuerzas de Van der Waals. Compara hielo,  $I_2$ ,  $P_4$ ,  $S_8$ ,  $SO_2$ , El texto explicativo dice “*Con excepción del hielo las moléculas de los cristales moleculares suelen empaquetarse tan juntas como su tamaño y forma lo permitan. Debido a que las fuerzas de Van der Waals y los puentes hidrógeno son más débiles que los enlaces iónicos y covalentes los cristales moleculares son más quebradizos que los cristales covalentes o iónicos. De hecho la mayoría de los cristales moleculares funden a temperaturas menores de  $100^\circ C$* ”

**Brown** Página 437: “*Sólidos red covalente (diamante- grafito- sílice). Los sólidos red covalente consisten en átomos unidos en grandes redes o cadenas mediante enlace covalentes. Puesto que los enlaces covalentes son mucho más fuertes que las fuerzas intermoleculares, éstos sólidos son mucho más duros y tiene un PF más alto que los sólidos moleculares. El diamante y el grafito son sólidos red covalente. Otros ejemplos incluyen al cuarzo  $SiO_2$ , el  $SiC$ ,  $BN$ .*”

**Atkins** Página 184: Sólidos Moleculares: “*Desde sólidos blandos amorfos( cera de parafina, mezcla de HC de cadena larga), Sólidos moleculares con estructuras cristalinas (sacarosa antes de fundirse se descompone), Sólidos muy duros: Polietileno de Ultra Alta Densidad ( suave pero muy resistente), agua menor densidad que el líquido, por puentes hidrógenos, benceno y el tetracloruro de carbono son apolares y se compactan mejor , sus sólidos son más densos que sus líquidos*” Concluye: “*Los sólidos moleculares son relativamente blandos y su TF es relativamente baja*”. En ningún momento en el libro se aclara que, a pesar de que las fuerzas intermoleculares son débiles, en los polímeros se incrementan notablemente en cantidad, y que este hecho es un refutador para las propiedades de los compuestos moleculares.

**ACS:** Hasta la página 25 describe Modelos Moleculares, Enlace covalente entre los átomos del agua, Polaridad del enlace y Polaridad de la molécula de agua. Expresa su interés por las propiedades observables del agua y otras sustancias ¿*Por qué el agua es líquida a temperatura ambiente? ¿Por qué el sólido es menos denso que el líquido? ¿Por qué el agua necesita de tanta energía para cambiar de temperatura? ¿Por qué se necesita de tanta energía para evaporar el agua?* A lo largo de varias páginas se pueden encontrar las respuestas. Uno de los textos se puede considerar un argumento incompleto: “*para que una sustancia **exista como líquido** las interacciones entre sus moléculas deben ser lo suficientemente fuertes como para impedir que se alejen unas de otras y pasen a la fase vapor. Al **añadir energía** a un líquido su temperatura aumenta, las moléculas se mueven más rápido y finalmente lo hacen suficientemente rápido como*

para escaparse de las demás y transformarse en gas. Si la presión de este gas es igual a la presión atmosférica decimos que el líquido está en ebullición. **El punto de ebullición de un líquido** es una medida de la fuerza de las atracciones entre las moléculas del líquido: **cuanto más elevado es el punto de ebullición, más fuertes son las atracciones intermoleculares que deben superar para transformarse en gas**". Están los componentes: definiciones del PE y del Estado Líquido (**D**), justificados por Energía para separar a las moléculas (**J**), pero no comparada con la del medio ambiente disponible, y las pruebas o datos remiten a la conclusión (**C**) "más fuertes es la interacción" Falta la fundamentación: interacciones entre moléculas polares y apolares. Esa fundamentación se encuentra a continuación cuando pregunta: *Cómo varía el PE con el número de electrones*. Se debe leer hasta la página 28 donde se explica el puente hidrógeno. Es un ejemplo de argumento incompleto, que no está expresado en único texto argumental sino a través de diferentes párrafos.

#### 4.4.2.- Enunciados y Respuestas a Ejercicios de final de capítulo:

**Brown:** Página 442: Ejercicio 11.19) **Explique** la diferencia entre los PE de los miembros de los pares de sustancias siguientes: HF(20°C) y HCl( -85 °C) ; HCl<sub>3</sub> (61°C) y HBr<sub>3</sub> 150°C; Br<sub>2</sub> (59 ° C) y ICl (97°C). Respuestas: a) El HF tiene el punto de ebullición más alto porque los puentes de hidrógeno son más fuertes que las fuerzas dipolo-dipolo. b) El CHBr<sub>3</sub> tiene el punto de ebullición más alto porque su masa molar es la más grande, lo que indica una mayor polarizabilidad y fuerzas de dispersión más intensas. c) El ICl tiene el punto de ebullición más alto porque las moléculas tienen masas molares semejantes (y, por tanto, fuerzas de dispersión similares), pero ICl es polar, lo cual da origen a fuerzas dipolo-dipolo que están ausentes en Br<sub>2</sub>, no polar.

Ejercicio 11.75) Para cada uno de los pares de sustancias siguientes, **prediga cuál** tiene el PF más alto e **indique por qué**: a) B-BF<sub>3</sub>, b) Na-NaCl, c) TiO<sub>2</sub> y TiCl<sub>4</sub>, d) LiF, MgCl<sub>2</sub>. Respuestas: a) B, red covalente como la de C(s), contra las fuerzas de dispersión débiles de BF<sub>3</sub>; b) NaCl, enlaces iónicos contra enlaces metálicos; c) TiO<sub>2</sub>, más carga en el O<sup>2-</sup> que en Cl<sup>-</sup>; d) MgF<sub>2</sub>, más carga en Mg<sup>2+</sup> que en Na<sup>+</sup>.

**Atkins.** Página 197: Ejercicio 5:29) Considere la figura 5.9. a) **Explique** las grandes diferencias en los PE del H<sub>2</sub>O y los restantes compuestos de la serie (H<sub>2</sub>S a H<sub>2</sub>Te); b) Explique el aumento sostenido del PE en la serie CH<sub>4</sub> a SnH<sub>4</sub>. Respuestas: a) enlace de hidrógeno; b) aumentan las fuerzas de dispersión de London.

**Chang:** Página 494: Ejercicio 11.14) **Explique** por qué son distintos los PE de dimetil éter y 1 butanol. Respuesta: sólo el 1 butanol puede formar puente hidrógeno

## 5. Conclusiones

Los cuatro libros tratan principalmente propiedades de sustancias moleculares (inorgánicas y orgánicas), no encontrándose párrafos argumentales completos que expliquen las propiedades estudiadas de sustancias iónicas, metálicas y redes covalentes.

En los cuatro libros las explicaciones de las fuerzas intermoleculares están fundamentadas, sin embargo no constituyen un argumento completo pues ciertos componentes se omiten o están incompletos: a) justificación: pues no apelan a la energía necesaria y a la energía disponible de los sistemas (estos conceptos aparecen en el



capítulo termoquímica, y no se invocan en ninguna de las explicaciones), b) datos: como definiciones de PF y PE (que aparecen en otros capítulos o dispersos en otros párrafos), c) refutadotes: en ningún párrafo se alude a ellos. Todos los conceptos que se explicitan y se explican en la presentación de las fuerzas, no aparecen como fundamento en los párrafos analizados subsiguientes, pues en éstos se considera como fundamento, (el por qué), solamente el nombre de las distintas fuerzas o enlaces, por ello son considerados Fundamentos Incompletos.

En los párrafos analizados de los cuatro libros, la identificación de los distintos argumentos y componentes no es inmediata, la estructura de la explicación no es lineal ya que, no se distinguen con claridad los distintos componentes de un argumento pues, se encuentran dispersos a lo largo de varios capítulos o en párrafos en el mismo capítulo, no formando parte de un razonamiento coherente, por ejemplo: las conclusiones pueden aparecer antes que los datos, o aparecen fundamentos como justificaciones, o las justificaciones no están o, en algunos casos, están incompletas y no contribuyen a la coherencia del texto.

**En los cuatro libros** ninguna de las justificaciones encontradas compara la energía necesaria para producir los cambios de estado con la disponible de los sistemas, sin embargo, en el ACS, las justificaciones encontradas solo apelan a la energía necesaria para producir dichos fenómenos. Al respecto, la falta del nexo entre datos y conclusión (justificación completa) es de suma importancia para saber si la temperatura del cambio de estado será superior o inferior a la ambiente.

En cuanto a la ejercitación propuesta de final de capítulo para la autoevaluación, si bien los enunciados solicitan desarrollar habilidades como explicar y justificar, pero no argumentar (Calidad Insuficiente), las respuestas encontradas son de calidad nula ya que, en los libros Brown, Chang y Atkins, los párrafos correspondientes a las respuestas de los ejercicios que solicitan explicación, no presentan: datos completos, fundamentos teóricos completos, justificaciones y el libro de ACS directamente no presenta ninguna respuesta a los ejercicios.

Según nuestro criterio, la falta de respuestas explicativas completas a los ejercicios propuestos, y la presencia de textos argumentales incompletos en el cuerpo de los capítulos, debilitan la calidad argumentativa de los libros en el tema propiedades físicas de las sustancias, y por lo tanto se consideraron insuficientes para el desarrollo de la capacidad argumentativa de los lectores.

## 6. Bibliografía

- .- American Chemical Society (2005). Química. Un proyecto de la ACS. Ed. española. Reverté, S.A. España.
- .- Atkins P.y Jones L. (2012). Principios de Química. Los caminos del descubrimiento. 5ta Ed. Panamericana. Argentina.
- .- Brown, T.L, LeMay, H.E., Bursten, B.E. (2004) Química. La Ciencia Central. 9ª. Ed. Pearson, México.
- .- Carlino, P. (2003). Leer textos científicos y académicos en la educación superior: Obstáculos y bienvenidas a una cultura nueva. *Uni-pluri/versidad* 3 (2). 1-9. Universidad de Antioquia. Medellín. Col. Versión Digital. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/issue/current>
- .- Carlino, P. (2007) ¿Qué nos dicen las investigaciones internacionales sobre la escritura en la universidad? *Cuadernos de Psicopedagogía* N°. 4 21-40 ISSN: 1794-9580 Ponencia presentada en el Primer Encuentro Nacional sobre Políticas

Institucionales para el Desarrollo de la Lectura y Escritura en la Educación Superior, organizado por ASCUN, la Red Nacional sobre Lectura y Escritura en la Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, abril 26 y 27 de 2007.

.- Chang, R. (2007). Química. 9ª. Ed. Mc Graw Hill México

.- Rodríguez C.S., Santoro M. I y Juárez S. M (2013) Análisis desde la perspectiva toulminiana, de las explicaciones sobre propiedades de sustancias presentes en un libro de química universitaria. *Anuario Latinoamericano de Educación Química XXVI*, (XXVIII), 34-40.

-Sardà, A y Sanmartí N.(2000) “Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias” *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422

.- Toulmin S.E. (1958). *The uses of argument*. New York. Cambridge University Press.

## **09TCE - EL LABORATORIO DE MATEMÁTICA PARA ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**SAN MIGUEL, S. E.<sup>1</sup>; GÓMEZ, P. C.; AGOUT, M. F.; ALVAREZ, M; CHEZZI, S.; SAN MIGUEL, M. R.**

**Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos.**

**Monseñor Tavella 1450 - (3200) Concordia, Entre Ríos. Argentina**

**E-mail: [sanmiguel@fcal.uner.edu.ar](mailto:sanmiguel@fcal.uner.edu.ar)<mailto:sanmiguel@fcal.uner.edu.ar>**

**<mailto:sanmiguel@fcal.uner.edu.ar>**

**<mailto:sanmiguel@fcal.uner.edu.ar>**

### **Resumen**

Los ingenieros están destinados a evolucionar en un mundo de complejidad creciente y cada vez más incierto; deben llevar a cabo sus proyectos con la mayor eficacia y tomar las decisiones adecuadas con toda la responsabilidad requerida en este contexto. Para hacer frente a los nuevos desafíos, el ingeniero debe poder usar con destreza las nuevas herramientas tecnológicas disponibles.

Las principales ventajas reconocidas en la utilización de sistemas algebraicos por computadora: ayuda a desarrollar una mejor comprensión visual, permite explorar conceptos a pesar de que las habilidades “manuales” no hayan sido desarrolladas, permite explorar, resolver y analizar problemas reales, permite a los estudiantes concentrarse en la formulación del problema y el análisis de la solución, facilita la realización de demostraciones matemáticas introduciendo conceptos matemáticos e ideas en forma concreta, obliga a los estudiantes a decidir en forma consciente qué operaciones utilizar.

La implementación de clases de laboratorio en las asignaturas de Matemática correspondientes al primer año de la carrera de Ingeniería en Alimentos comenzó en los años 2012 y 2013 con el trabajo de algunos temas, tales como Linealización de Funciones, Polinomio de Taylor y Proceso de Ortonormalización de Gram Schmidt. En 2014, la cátedra Matemática I propuso la redistribución de su carga horaria con la incorporación de horas de laboratorio para las cuales se proyectó la “sistematización” de prácticas con computadora. En esta asignatura se incorporaron al laboratorio actividades relativas a los distintos momentos en el desarrollo de los temas y se procuró dar mayor énfasis a la resolución de problemas y a la modelización matemática. Se utilizaron como softwares específicos GeoGebra, para Geometría Analítica y MatLab, en lo referente a Álgebra Lineal.

El trabajo realizado posibilitó la visualización de conceptos desarrollados favoreciendo su comprensión. Los estudiantes pudieron enfocarse en la esencia de los temas, ganando el tiempo que en otro momento hubiesen dedicado a lo rutinario de las operaciones realizadas en lápiz y papel. Los docentes pudieron optimizar los espacios de desarrollo y profundización de los conceptos.

En virtud de los resultados obtenidos, se proyecta el afianzamiento de la propuesta y su aplicación a otras asignaturas del área.

## 1. Introducción

Los ingenieros están destinados a evolucionar en un mundo de complejidad creciente y cada vez más incierto; sin embargo deben llevar a cabo sus proyectos con la mayor eficacia, lograr los resultados más sobresalientes y tomar las decisiones adecuadas con la responsabilidad requerida en este contexto.

Para hacer frente a estos nuevos desafíos el profesional, no sólo tiene que demostrar que es capaz de adaptarse a la sociedad en la cual va a trabajar, sino que también debe poder usar con destreza las nuevas herramientas tecnológicas disponibles. Estas se basan generalmente en nuevos y emergentes enfoques matemáticos que han demostrado ser capaces de producir instrumentos tales como programas de simulación o métodos (de apoyo en la decisión, entre otros), apropiados y fructíferos.

Las habilidades actualmente requeridas se fundamentan en el aprendizaje de las herramientas y en el conocimiento de las heurísticas de las teorías matemáticas que les dieron vida, adquiridos de tal modo que el ingeniero pueda elegir, con conocimiento de causa, el modelo matemático que mejor se adapte al nivel de complejidad con el que se va a enfrentar, determinar los parámetros concurrentes y sus ajustes según el problema estudiado, tomar en cuenta, cualquiera que sea su naturaleza, las incertidumbres relacionadas con el contexto y ser capaz de justificar la gestión y el tratamiento de dichas incertidumbres.

Algunas de las principales ventajas reconocidas en la utilización de sistemas algebraicos por computadora (Computer algebraic systems) son las siguientes:

- Ayuda a desarrollar una mejor comprensión geométrica mediante la visualización.
- Permite explorar conceptos a pesar de que las habilidades necesarias no hayan sido desarrolladas.
- Posibilita resolver y analizar problemas reales.
- Facilita a los estudiantes la concentración en la formulación del problema y el análisis de la solución.
- Agiliza la realización de las demostraciones matemáticas haciendo uso concreto de los conceptos ya desarrollados.
- Permite a los docentes plantear cuestiones teóricas que son numérica y algebraicamente muy complicadas para que el estudiante las resuelva con lápiz y papel.
- Exige a los estudiantes la búsqueda de estrategias convenientes para decidir en forma consciente qué operaciones utilizar.

Entre las desventajas se pueden citar:

- Mayor tiempo de preparación de los proyectos de área, planificaciones de cátedra, trabajos prácticos, entre otras actividades.
- Requiere la revisión de los criterios y formas de evaluación.
- Falta de familiaridad y miedo a cometer errores de sintaxis en clase.
- El aprendizaje de la sintaxis del software a utilizar agrega una carga a los estudiantes.

A partir de una primera lectura de las ventajas y desventajas, podría pensarse que la mayoría de las primeras son beneficios para los estudiantes y las segundas, si así lo fueran, son obstáculos para los docentes. Sin embargo, en rigor de verdad, son requerimientos necesarios que éstos últimos deben asumir para llevar a cabo las actividades propuestas.

Un análisis más detallado se puede encontrar en *Utilización de CAS en cursos de ingeniería* (Medrano, 2008 )

La incorporación de software específico implica un cambio de paradigma en la metodología de enseñanza, cambio que se debe iniciar o en otros casos profundizar.

## **2. Objetivos**

- Acercar las herramientas tecnológicas para facilitar la resolución de problemas específicos en espacios curriculares del ciclo superior de la carrera.
- Estimular la formulación y contrastación de hipótesis potenciando los procesos inductivos y el razonamiento.
- Fomentar la curiosidad y la experimentación para que los estudiantes otorguen significado a sus conocimientos.
- Favorecer el desarrollo de la expresión oral mediante la comunicación de soluciones a las situaciones problemáticas.
- Mejorar la calidad de los aprendizajes en los alumnos de primer año de la Ingeniería en Alimentos.
- Producir un acercamiento a la actividad profesional del futuro ingeniero.

## **3. Metodología**

La implementación de software en clases de laboratorio en las asignaturas de Matemática correspondientes al primer año de la carrera de Ingeniería en Alimentos comenzó en los años 2012 y 2013.

- En el año 2012, se incorporaron secuencias didácticas en el Curso de Ambientación a la Vida Universitaria. que permitieron a los estudiantes explorar con

el complemento de la computadora el análisis de funciones, manipulando gráficas y extrayendo conclusiones que luego fueron formalizadas (Figura 1).

- En 2013, en las cátedras Matemática I y Matemática II, se trabajaron los contenidos Linealización de Funciones, Polinomio de Taylor y Proceso de Ortonormalización de Gram Schmidt a través de prácticas de laboratorio con la coordinación del Dr. Omar Faure, profesor de la cátedra Matemática IV. Se buscó generar un aprendizaje dinámico e interactivo que posibilite la rápida visualización de conceptos teóricos. Además, el uso del software permitió integrar conceptos ya trabajados observando los aspectos numéricos y gráficos.





Figura 1: Resolución de actividades con GeoGebra en el curso de ambientación

Las experiencias obtenidas animaron a pensar la incorporación definitiva del uso de la computadora y los softwares específicos en las cátedras de Matemática.

En 2014, se propuso, para Matemática I, una redistribución de la carga horaria con la finalidad de otorgar mayor significancia a los contenidos mediante la incorporación de aplicaciones computacionales, resolución de problemas y modelización matemática. Se establecieron tres horas de carácter teórico – práctico, tres de carácter práctico y dos horas de laboratorio. Para este último espacio se proyectó la “sistematización” de las prácticas con computadora para que a los estudiantes les resulte natural el manejo de software matemático específico, una de las solicitudes planteadas por alumnos avanzados de la carrera Ingeniería en Alimentos.

El laboratorio de Matemática incorporó actividades que permitieron iniciar el desarrollo de algunos temas a través del planteo de conjeturas y otras de cierre, de aplicación, de transferencia de contenidos. Se procuró dar mayor énfasis a la resolución de problemas y a la modelización matemática.

Se acercó a los estudiantes a la herramienta computacional, en primera instancia con GeoGebra, para las actividades relativas a Geometría Analítica, como instrumento de visualización, verificación y validación de resultados de los trabajos prácticos.

Luego se los introdujo a MatLab, para el tratamiento de los contenidos de Álgebra Lineal (matrices, determinantes, sistemas de ecuaciones lineales, espacios vectoriales). Se plantearon problemas para resolver y se cotejaron resultados obtenidos.

La elección de MatLab se basó en el hecho de que en Matemática IV se trabaja con este software, al igual que en otras asignaturas específicas de la carrera, tales como Control de Procesos.

#### 4. Resultados

El trabajo posibilitó la visualización de conceptos desarrollados favoreciendo su comprensión. Los alumnos mostraron interés en las tareas realizadas durante las horas de laboratorio, pudieron enfocarse en la esencia de los temas desarrollados, tiempo que de otro modo hubiesen dedicado a lo rutinario de las operaciones realizadas en lápiz y papel.

Se pudo observar que los estudiantes lograron reconocer el constructo matemático solución al problema dado. En otros términos, podían distinguir claramente las etapas en la resolución de un problema, la comprensión, el diseño de un plan, la ejecución y la posterior evaluación.

Por otra parte, los docentes superaron sus inseguridades con respecto al uso de las TIC, replantearon las planificaciones lo que permitió optimizar los espacios destinados al desarrollo y profundización de los diferentes conceptos trabajados en las asignaturas.

#### 5. Conclusiones

La reestructuración del espacio curricular Matemática I con la sistematización de las prácticas de Laboratorio posibilitó el alcance de los objetivos planteados.

A partir de estos resultados y en virtud de las experiencias realizadas se proyecta el afianzamiento de la propuesta de inclusión de horas de Laboratorio en Matemática II y Matemática III.

Entendiendo que estas herramientas resultan enriquecedoras del proceso de enseñanza y aprendizaje, se seguirá trabajando en el cambio de paradigma: "... el papel de los formadores no es tanto "enseñar" (explicar-examinar) unos conocimientos que tendrán una vigencia limitada y estarán siempre accesibles, como ayudar a los estudiantes a "aprender a aprender" de manera autónoma en esta cultura del cambio y promover su desarrollo cognitivo y personal mediante actividades críticas y aplicativas que, aprovechando la inmensa información disponible y las potentes herramientas TIC, tengan en cuenta sus características (formación centrada en el alumno) y les exijan un procesamiento activo e interdisciplinario de la información para que construyan su propio conocimiento y no se limiten a realizar una simple recepción pasiva-memorización de la información" (Marquès Graells, 2000)

#### 6. Bibliografía

- Agout, M. F., Chezzi, S., Gómez, P., San Miguel, S. ;(2013) Applied Mathematics: Body and Soul: ¿Una alternativa posible?, Trabajo de Integración Final Especialización en Enseñanza de las Ciencias Experimentales y Matemática, UNSAM.
- Allen, G. D. et al (1999); Strategies and Guidelines for Using a Computer Algebra System in the Classroom, 411-415.
- Beniteza, M.; Lagrañab, C.; Kornel, J.; (2012) El carácter dual del conocimiento matemático en las ideas de estudiantes de ingeniería; II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países limítrofes. UTN Facultad Regional Resistencia.
- Camarena Gallardo, Patricia, (2010) La modelación matemática en la formación del ingeniero, Instituto Politécnico Nacional, México
- Castillo, S. (2008), Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso



óptimo de las tic en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa 11(2): 171-194.

Eriksson,K., Estep, D. Y Johnson,C., (2009), Applied Mathematics: Body & Soul, Vol I, II y III.

Grossman, Stanley (1996); Álgebra lineal; Mc Graw Hill; México.

Hahn, B. D., Velentine, D. T. (2007); Essential MatLab for Engineers and Scientists; Elsevier; ISBN 10: 0-75-068417-8

Marquès Graells, Pere (2000). "Funciones de los docentes en la sociedad de la información". Revista SINERGIA, núm. 10, pp. 5-7

Mcmaster, Rague, McMaster, And Blake (2007), Two Gestalts for Mathematics: Logical vs. Computational, ISECON.

Medrano, J. (2008); Utilización de CAS en cursos de ingeniería, Revista 17 Universidad del Valle de Guatemala; pag. 106-116.

Stewart (2002), J., Cálculo Multivariable, 4 ed, Thomas Learning; México.

Stewart, J. (2002), Cálculo de una variable trascendentes tempranas, 4 ed, Thomas Learning; México.

Villella, J. (2002), Didáctica de la Matemática Diálogo entre profesionales de la enseñanza, UNSAM, San Martín.

# **10TCE - LOS PROYECTOS FINALES DE CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN UTN-FRSF, SU RELACIÓN CON LA CURRÍCULA Y EL PERFIL DEL INGENIERO**

**RODRIGUEZ, M. E.; ALVAREZ, M.; LLORENS, R.; GARCÍA, M.<sup>1</sup>**

**1. Departamento de Materias Básicas. Facultad Regional Santa Fe. Universidad Tecnológica Nacional. Lavalse 610 - (3000) Santa Fe, Santa Fe. Argentina  
E-mail: mrodriguez@frsf.utn.edu.ar**

## **1. Resumen**

La Universidad, a través de su formación académica, pretende lograr en sus alumnos la idoneidad profesional, a fin de facilitar su aproximación al ámbito laboral. Por lo tanto, consideramos necesario evaluar qué conocimientos se adquieren durante la carrera de ingeniería, qué competencias son aplicadas en los Proyectos Finales de Carrera (PFC) y cuáles deberían desarrollarse, en base a las necesidades del medio socio-productivo para adecuar la oferta educativa con la demanda socio-productiva actual. Esto se fundamenta en que el hacer profesional del ingeniero debería estar vinculado con el desarrollo de una sociedad inclusiva.

El objetivo de este trabajo es evaluar la relación entre los planes de estudio de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (ISI), los temas desarrollados en los PFC y el perfil profesional del ingeniero en Sistemas.

El análisis de los resultados obtenidos puede resultar una contribución al momento de repensar el perfil del ingeniero, reorientar contenidos y redefinir la currícula.

## **2. Introducción**

El presente trabajo surge como primera instancia de investigación en el marco del proyecto de I+D PID 25/O151 “Los proyectos finales de carrera como respuesta a las demandas del medio, su relación con la currícula y el perfil del ingeniero”.

*“La sociedad actual demanda de las universidades la formación de profesionales idóneos que puedan adaptarse a la naturaleza acelerada de la evolución científica y tecnológica”* (Marulanda et al., 2010).

Desde la Universidad se pretende lograr la idoneidad profesional de sus alumnos a fin de facilitar su aproximación al ámbito laboral y es por esto que se deben evaluar cuáles son las necesidades concretas del medio socio-productivo, qué conocimientos los alumnos adquieren durante la carrera de ISI, qué competencias son aplicadas en los PFC y cuáles deberían desarrollarse, y así poder adecuar la oferta educativa con las necesidades de medio que no pueden reducirse a la demanda socio-productiva actual. De esta manera se lograría una eficaz satisfacción de dichas demandas y los recientes graduados podrían incorporarse rápidamente al mercado laboral.

Con este estudio pretendemos analizar la coherencia entre los contenidos mínimos del Plan de Estudio (PE) de la carrera ISI de la U.T.N F.R.S.F, los contenidos de los PFC y las Incumbencias (IN) según el perfil profesional del ingeniero, definido a través de estas últimas (Ordenanza CSU N° 1150/07). Con ello, se intenta brindar un aporte teórico-práctico a la gestión de la calidad educativa en la U.T.N.

En un modelo de perfil por competencias, éste se define como *“conjunto de competencias de un profesional que le permiten una adecuada adaptación al entorno*

*laboral. Dichas competencias se constituyen en un saber, un saber estar y un saber hacer en cuatro dimensiones: laboral, ocupacional, personal y académico”* (García et al., 2006). Esta última, la académica, es la que se analiza en este trabajo, hace referencia a habilidades teórico-prácticas adquiridas en los procesos de aprendizaje y a través de la experiencia del saber-hacer.

Consideramos los proyectos finales, como una de las principales variables de estudio. Ellos cuentan con el sustento teórico que brinda el cursado de la asignatura integradora del último nivel de la carrera de ISI, acorde al PE anteriormente citado. Durante su desarrollo los alumnos pueden aplicar todos los conocimientos adquiridos, por ser el último trabajo integrador necesario para graduarse como ingeniero en sistemas.

Es de destacar que la asignatura “Proyecto Final” tiene como objetivos aplicar los conocimientos y herramientas asociadas a la planificación y gestión de proyectos de sistemas de información, análisis de factibilidad de dichos proyectos y las capacidades desarrolladas en la elaboración y ejecución en un caso real, entre otros. (Ordenanza CSU N° 1150/07).

Sumado a esto, se considera el aprendizaje mediante proyectos como uno de los métodos educativos reconocidos como “buenas prácticas” por su uso habitual en las carreras de ingeniería, teniendo en cuenta que la ejecución de los mismos, es una función relevante de la profesión del ingeniero. Es una alternativa pedagógica que le permite al estudiante, aplicar saberes y habilidades adquiridos durante el cursado en una situación real. El desarrollo de los PFC beneficia al desarrollo de competencias con incursión en el mercado laboral.

*“...se debe pensar la formación desde el saber-hacer, en forma efectiva y en los diferentes ámbitos del quehacer profesional y social.”* (Conde, 2012).

Por estas razones, nos proponemos la revisión de los PFC en relación con los contenidos mínimos de la currícula y el perfil del ingeniero.

Se trata de un trabajo de Investigación Educativa, aplicado y de un estudio de caso, cuyo alcance consiste en la descripción y análisis de las variables y de las relaciones entre sí. De los resultados obtenidos puede resultar una contribución al momento de repensar las competencias y el perfil del ingeniero, reorientar contenidos y redefinir la currícula.

La evaluación de la correspondencia entre el perfil profesional del ingeniero, los planes de estudio y los contenidos temáticos de los PFC, permite optimizar dicha correspondencia a fin de lograr aumentar la consistencia (coherencia) de estos tres factores institucionales, lo que redundará en beneficio en la formación del egresado de las carreras de Ingeniería.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo Principal**

Evaluar la relación entre los planes de estudio de la carrera ISI, los temas desarrollados para la solución de un problema en los PFC y el perfil profesional del ingeniero en sistemas a través de sus IN.

#### **3.2. Objetivos secundarios**

- Analizar los contenidos mínimos del PE de la carrera ISI de la UTN-FRSF.
- Releva y analizar los PFC de los años 2011 y 2012 de dicha carrera.
- Definir la relación de los temas desarrollados en los PFC con las asignaturas.
- Establecer la vinculación de las IN del ingeniero en sistemas con las asignaturas.

- Establecer la correspondencia entre las IN y los temas de los PFC a través de palabras claves encontradas en ellos.
- Confeccionar indicadores que permitan medir la relación de las variables propuestas.

## 4. Metodología

### 4.1. Definición del alcance

Para la concreción de los objetivos propuestos analizamos los PFC de la carrera ISI, en conjunto con el PE y las IN profesionales reservadas a los graduados. Dicha información se puede encontrar en la Ordenanza CSU N° 1150/07. En este caso tomamos sólo las materias obligatorias del PE.

La muestra estudiada consistió en 18 PFC.

### 4.2. Análisis de los contenidos mínimos de asignaturas e incumbencias

En la Tabla 01 presentamos cada incumbencia de la Ordenanza nombrada con una letra de referencia a fin de facilitar el uso y exposición de la información.

**TABLA 01.** Incumbencias del ingeniero en sistemas de información

A	B	C	D	E
Participar en la toma de decisiones estratégicas de una organización y asesorar, en concordancia con las mismas acerca de las políticas de desarrollo de sistemas de información.	Evaluar, clasificar y seleccionar proyectos de sistemas de información y evaluar y seleccionar alternativas de asistencia interna.	Planificar, efectuar y evaluar los estudios de factibilidad inherentes a todo proyecto de diseño de sistemas de información y de modificación o reemplazo de los mismos, así como los sistemas de computación asociados.	Planificar, dirigir, ejecutar y controlar el relevamiento, análisis, diseño, desarrollo, implementación y prueba de sistemas de información.	Evaluar y seleccionar los sistemas de programación disponibles con miras a su utilización en sistemas de información.
F	G	H	I	J
Evaluar y seleccionar, desde el punto de vista de los sistemas de información, los equipos de procesamiento y comunicación y los sistemas de base.	Organizar y dirigir el área de sistemas; determinar el perfil de los recursos humanos necesarios y contribuir a su selección y formación.	Participar en la elaboración de programas de capacitación para la utilización de sistemas de información.	Determinar y controlar el cumplimiento de las pautas técnicas que rigen el funcionamiento y la utilización de recursos informáticos en cada organización.	Elaborar métodos y normas a seguir en cuestiones de seguridad y privacidad de la información procesada y/o generada por los sistemas de información; participar en la determinación de las acciones a seguir en esta materia y evaluar su aplicación.
K	L	M	N	Ñ
Elaborar métodos y normas a seguir en cuestión de salvaguardia y control, de los recursos físicos y lógicos, de un sistema de computación; participar en la determinación de las acciones a seguir en esta materia y evaluar su aplicación.	Desarrollar modelos de simulación, sistemas expertos y otros sistemas informáticos destinados a la resolución de problemas y asesorar en su aplicación.	Realizar auditorías en áreas de sistemas y centros de cómputos así como en los sistemas de información utilizados.	Realizar arbitrajes, pericias y tasaciones referidas a los sistemas de información y a los medios de procesamiento de datos.	Realizar estudios e investigaciones conducentes a la creación y mejoramiento de técnicas de desarrollo de sistemas de información y nuevas aplicaciones de la tecnología informática existente.

*Fuente:* Ordenanza 1150/07.

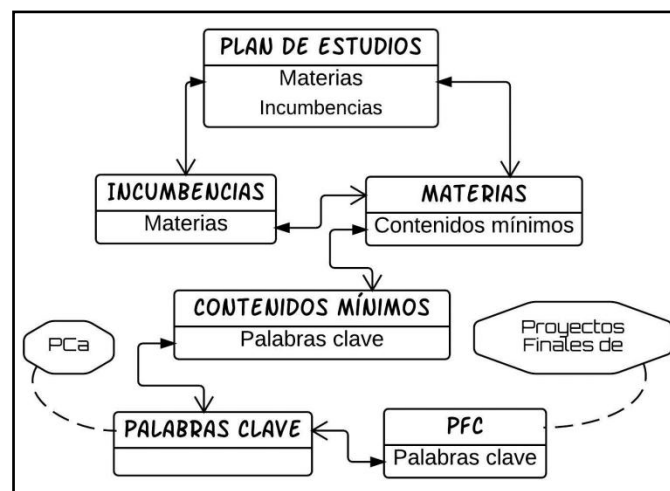
Evaluamos los contenidos mínimos de las asignaturas del PE y el desarrollo de los mismos en los PFC. A cada uno de ellos asignamos un conjunto de palabras clave<sup>5</sup> (PCa), que pueden repetirse en varios proyectos, de manera tal que permita su agrupamiento. Cada PCa tiene asociado un valor que indica la cantidad de proyectos con los que éstas se han relacionado en función de su contenido. Por PFC contabilizamos una sola vez cada PCa encontrada.

<sup>5</sup> PCa hace referencia a un contenido mínimo perteneciente a una asignatura que fue desarrollado y utilizado en el PFC.

#### 4.3. Estudio de relaciones entre PCa, asignaturas e incumbencias

Luego de realizar el análisis de todos los PFC y detectar las PCa, que son el elemento de análisis y comparación con los contenidos mínimos, las mismas fueron ordenadas en tablas, asignándoles las materias del PE correspondientes. Una PCa pudo asociarse a más de una materia y a su vez, una materia pudo vincularse a más de una PCa. Esta relación entre PCa y materias dio lugar al indicador “Frecuencia Absoluta Contenido Mínimo de la asignatura en PFC” (cantidad de veces que se utilizan los conceptos de las asignaturas en la totalidad de los PFC). Esto repetimos en el análisis de cada PFC, posibilitando que los resultados individuales sean comparables y acumulables.

Relacionamos cada IN con las materias en función de sus contenidos mínimos. Cabe aclarar que una IN puede incluir a más de una materia, y a su vez una materia puede vincularse a más de una IN (Figura 01).



**FIGURA 01.** Diagrama de Entidad-Relación

*Fuente:* Elaboración propia.

Una vez que las IN fueron relacionadas con las materias y estas últimas con las PCa detectadas de los PFC, obtuvimos el indicador Frecuencia de IN por PFC.

## 5. Resultados

### 5.1.1. Asignaturas y palabras clave

Al total de PFC analizados, asignamos 148 PCa. Las más detectadas fueron: “Requerimientos” y “Casos de usos” (ambas en un 56% de los PFC).

Las materias más vinculadas con las PCa, y por ende, con los PFC, fueron Diseño de Sistemas (86 veces), Análisis de Sistemas (70 veces), Ingeniería de Software (64 veces) y Gestión de Datos (23 veces), representando todas ellas un 79% del total de relaciones.

### 5.1.2. Incumbencias y asignaturas

Las IN pudieron relacionarse con las materias en función de sus contenidos mínimos (Tabla 02) y las que cuentan con mayor cantidad de materias asociadas son: la J, C y D. Por ejemplo la J, incluye elaborar métodos y normas en cuestiones de seguridad y

privacidad de la información. A partir de la misma tabla definimos también un orden de prioridad en función de la cantidad de veces que una materia se relaciona con alguna incumbencia. En este caso prevalece la relación con “Administración de Recursos” y continúan en el orden de prioridad las asignaturas “Administración Gerencial” e “Ingeniería del Software”.

**TABLA 02.** Matriz de relación materias e incumbencias.

materia/incumbencia	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	
Administración Gerencial	X	X	X				X									4
Administración de Recursos	X	X		X		X	X		X	X	X		X			9
Sistemas de Gestión	X															1
Análisis de Sistemas		X	X	X												3
Diseño de Sistemas			X	X	X											3
Ingeniería del Software			X	X	X					X						4
Proyecto Final			X	X												2
Paradigmas de Programación					X											1
Sistemas Operativos						X				X	X					3
Comunicaciones						X				X						2
Redes						X				X						2
Gestión de Datos										X						1
Inteligencia Artificial												X				1
Simulación												X				1
Investigación Operativa												X				1
Teoría de Control												X				1
	3	3	5	5	3	4	2	0	1	6	2	4	1	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Incumbencias y PFC

Considerando las PCa halladas, analizamos cada incumbencia con el número de relaciones con los PFC, generando el indicador antes mencionado. (Ver Tabla 03).

**TABLA 03.** Relación de incumbencias y PFC

C	D	E	J	B	A	F	G	L	I	K	M	H	N	Ñ
230	226	161	100	78	14	13	8	7	2	2	2	0	0	0
27%	54%	73%	85%	94%	96%	98%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Obtuvimos que las IN de mayor relación con los proyectos finales son las siguientes: C, D, E, J concentrando el 85% de las relaciones.

La incumbencia con mayor vinculación con los PFC (a través de las palabras claves analizadas) es la denominada “C”, la cual está vinculada con cinco asignaturas: Administración Gerencial, Análisis de Sistemas, Diseño de Sistemas, Ingeniería del Software y Proyecto Final.

### 5.2. Discusión

El Proyecto Tuning América Latina define al ingeniero como un profesional con un amplio manejo de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, que le permiten desarrollar soluciones de ingeniería y hace mención dentro de las competencias identificadas como muy importantes “la abstracción espacial y las representaciones gráficas”. (Beneitone et al., 2007).

Existe una relación directa entre las materias que surgieron del análisis de los PFC y las materias del ciclo básico por más que no sea evidente en la vinculación con las PCa, pues para poder cursar los últimos niveles de la carrera, los alumnos debieron tener

aprobadas aquellas tales como: Análisis Matemático I y II, Álgebra y Geometría Analítica, Química, Física I y II, Inglés, Probabilidad y Estadística, entre otras. La mayor parte de las materias del ciclo básico se encuentran presentes en los primeros dos niveles de la carrera y como aclaramos anteriormente son las que brindan las herramientas necesarias para la comprensión y aplicación de las asignaturas de años superiores.

## **6. Conclusiones**

Con el desarrollo de este trabajo pudimos cumplir con los objetivos propuestos, ya que encontramos la relación del PE con los contenidos mínimos de los PFC y, a su vez, cómo estos se vinculan con las IN que conforman el perfil del ingeniero en sistemas.

Pudimos detectar cuáles eran las materias con mayor frecuencia de aparición en los PFC, es decir, cuáles son los contenidos mínimos de las asignaturas que los alumnos tienden a elegir a la hora de desarrollar un PFC.

Además este estudio nos permitió ver que la asignatura con mayor vinculación a las IN no coincide con la más destacada en el análisis de los PFC.

En el análisis de la relación de las incumbencias con las materias, encontramos que la más destacada es la “J”. Pero cuando se vinculan las palabras clave de los PFC con las incumbencias, la “C” toma el primer lugar de importancia. En base a este estudio, podríamos proponer orientar los contenidos de los PFC al desarrollo de los conocimientos que indica la incumbencia J, en caso que esto satisfaga una necesidad detectada en la sociedad.

Por otro lado, proponemos rever las incumbencias ya que tres de ellas (H, N y Ñ) no tienen relación con las asignaturas, o en su defecto, ampliar los contenidos mínimos dados durante la carrera a fin de abarcar dichas incumbencias.

El análisis llevado a cabo nos permitió determinar los puntos fuertes y débiles de la oferta educativa de la UTN-FRSF respecto de la carrera ISI.

En futuros trabajos se detectarán las causas de la falta de vinculación de algunas asignaturas e incumbencias con los PFC, como así también se investigará su relación con las demandas y necesidades sociales del medio socio productivo a fin de brindar posibles soluciones.

## **7. Bibliografía**

BEITONE, Pablo; ESQUETINI, César; GONZÁLEZ, Julia; MALETÁ, Maida Marty; SIUFI, Gabriela; WAGENAAR, Robert. (2004-2007). Informe final Proyecto Tuning América Latina Reflexiones y Perspectivas De La Educación Superior en América Latina. Web: <http://tuning.unideusto.org/tuningal/>

CONDE, Sergio Daniel. (2012). Las competencias sociales y los indicadores en Ingenierías. Web: <https://www.kennedy.edu.ar/>

DOMINGUEZ, Orlando; MICHEL, Raquel (2010); Mejoras en el desarrollo del proyecto final para estudiantes de ingeniería química; Formación Universitaria, Vol. 3 N° 4; ISSN 0718-5006. Web: <http://www.scielo.cl>

GARCÍA, Antonio; JIMENEZ, Javier; PEREZ, Constanza. (2006). El perfil del ingeniero electrónico: competencias como una red de relaciones de actores oferta-demanda educativa; Revista Virtual de la Asociación colombiana de Facultades de Ingeniería. ACOFI. ISSN 1900-8260. Web: <http://www.educacioneningeneria.org>

MARULANDA, Agustín; PIRES, María; DELGADO, José Gregorio. (2010). Ingeniería Eléctrica: hacia una propuesta de currículo por competencias; Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 25, N° 3. Web: <http://www.scielo.org.ve>

MARZO NAVARRO, Mercedes; PEDRAJA IGLESIAS, Marta; RIVERA TORRES, Pilar (2006); Las deficiencias formativas en la Educación Superior: El caso de las Ingenierías; Cuadernos de Gestión, vol. 6, núm. 1; Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Web: <http://www.redalyc.org>

Ordenanza CSU N° 1150. (2007). Web: <http://csu.rec.utn.edu.ar>



## **11TCE - EL LABORATORIO DE FISICA FUERA DEL AULA UNIVERSITARIA**

**LUCERO, I.; RODRIGUEZ AGUIRRE, J.M.**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura  
Departamento de Física, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.  
[irmairene2005@yahoo.com.ar](mailto:irmairene2005@yahoo.com.ar)**

### **Resumen**

El trabajo presentado es un ejemplo de incorporación de las simulaciones de fenómenos físicos para la realización de prácticas de laboratorio en ambiente virtual, como otra alternativa para el aprendizaje. Es una propuesta pensada para ser trabajada en forma colaborativa y domiciliaria. Se busca no sólo el aprendizaje de los fundamentos que sustentan experimentos históricos de la física moderna, sino fortalecer el tratamiento y análisis de datos experimentales, que es una de las actividades cruciales en la enseñanza del laboratorio en física. La incorporación de TIC a las propuestas de aprendizaje generan que el aula se extienda por fuera de las paredes, pudiendo trabajar en otros entornos y en colaboración entre pares y con el docente tutor.

### **1. Introducción**

Ya está instaurado en el ámbito de la enseñanza de la Física que las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TICs) son un recurso actual que puede actuar como instrumento de mediación en el proceso de enseñanza- aprendizaje, siempre que sea incorporado con enfoques adecuados y dentro de secuencias didácticas pensadas responsable y críticamente (Lucero, 2009). Estas tecnologías posibilitan nuevos entornos para llevar adelante el proceso enseñanza- aprendizaje.

La asignatura Física atómica del 2º año de las carreras de Ingeniería Eléctrica y en Electrónica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE, desarrolla los contenidos que se conocen habitualmente como *física moderna*. Es un curso cuatrimestral organizado en dos clases semanales de 2 horas cada una, dado que la carga horaria es de 4 horas de acuerdo al diseño curricular de la carrera. De las cuatro horas se destinan 3 a las clases teóricas, 1 para clases prácticas de problemas y 2 horas extras, no obligatorias, para consultas presenciales. El escaso horario presencial, frente a las otras asignaturas de física de la carrera y la importancia de poder desarrollar con calidad los contenidos del programa llevó al principal cuestionamiento pedagógico ¿qué hacer para que el escaso tiempo presencial no sea un impedimento al desarrollo de un curso básico de física moderna con adecuado nivel universitario para una carrera científica-tecnológica? Por otra parte, la escasa presencialidad áulica hace que los estudiantes deban trabajar de una manera más autónoma, autogestionando su estudio con las herramientas que se llevan de las clases presenciales.

Este escenario generó la búsqueda de soluciones a la problemática y es así que se pensó en traspasar las paredes del aula para continuar con el proceso de enseñanza-aprendizaje y el entorno virtual permite perfectamente esta situación. Utilizar rasgos de la educación a distancia como apoyo a la presencialidad se presenta como una opción útil e innovadora ante esta cuestión.

Para ello se trabaja con el *aula virtual de Física atómica*, administrada desde el Programa UNNE virtual de la universidad que funciona en el entorno de la plataforma e-educativa y la misma está pensada como un ambiente de comunicación fluida con el profesor y entre pares, de repositorio de materiales y de trabajo individual y colaborativo.

Los contenidos del programa de Física atómica están organizados siguiendo la línea de tiempo de los diferentes experimentos y fenómenos que se dieron en el siglo XX y que son el basamento de la física cuántica, la nuclear y la de partículas. Desde la cátedra se considera importante el enfoque histórico en la presentación de estos contenidos y es por ello que algunos de los experimentos cruciales de la física moderna se abordan, no sólo por su importancia histórica, sino como contenidos para el aprendizaje de técnicas de laboratorio y tratamiento de datos experimentales. Se contaba en la institución con los dispositivos para realizar algunos de los experimentos importantes de la física moderna como: determinación de  $e/m$  con uso de tubo de rayos catódicos, el experimento de Millikan de la gota de aceite, el experimento de Frank y Hertz. Son equipos comprados en tiempos pasados, que se fueron deteriorando y hoy no están en condiciones de ser usados; por otra parte, el diseño curricular de la carrera ya no incorpora para esta Física la modalidad laboratorio como obligatoria para el desarrollo de las clases, en virtud de la escasa carga horaria presencial atribuida. (Res.3390 y 3391/12 CS, 2012, p8).

Desde la enseñanza de la Física se sabe bien que el carácter experimental de la misma no puede dejarse de lado, por lo que en esta cátedra se piensa que es necesario incorporar el pensamiento experimental en el desarrollo de los contenidos de alguna manera. Es por ello que se pensó en utilizar el entorno virtual para poder llevar a cabo algunos experimentos, trabajando con simulaciones que sean de uso gratuito en la web y puedan ser disponibles para el alumno fuera del aula universitaria.

El trabajo que aquí se presenta, se corresponde con uno de los laboratorios en entorno virtual que se diseñaron para la asignatura *Física atómica*. Este práctico forma parte de las secuencias didácticas educativas con apoyo de TIC que se están diseñando para cursos de física básica universitaria y para escuelas secundarias, en el marco del Proyecto de investigación “*Universidad y Escuela Secundaria mancomunadamente por la enseñanza – aprendizaje de la Física*” (F005, subsidiado por SGCyT, UNNE).

Este proyecto tiene por objetivo general generar secuencias didácticas con apoyo de TIC, que son probadas en las aulas universitarias y secundarias para conformar material de apoyo a docentes que enriquezca la literatura en Didáctica de la Física.

## **2. Objetivo**

En este trabajo se pretende mostrar el desarrollo del experimento de Millikan de la gota de aceite, trabajando en un entorno virtual y de manera colaborativa entre los estudiantes.

## **3. Marco teórico**

Ya en 1997 la Asociación Americana de Profesores de Física (American Association of Physics Teachers) en el documento de declaración política referido a los Objetivos de los laboratorios en las físicas básicas estableció que las clases de laboratorio son espacios en los que el alumno puede desarrollar un vasto número de destrezas y herramientas de la física experimental y del tratamiento de datos, manejar conceptos básicos, entender el papel de la observación directa en Física y distinguir entre las inferencias que se

realizan a partir de la teoría y las que se realizan a partir de la práctica, analizar datos para llegar a explicaciones o determinar parámetros físicos buscados.

El estudio de los abordajes experimentales de fenómenos cruciales de la historia de la física revela cómo las personas de ciencia se involucran, dudan, formulan hipótesis que son probadas empíricamente, para luego elaborar modelos explicativos del fenómeno estudiado. Es una actividad humana en la que se avanza y se vuelve hasta encontrar consensos y resultados que convenzan a la comunidad científica.

Los entornos virtuales para el aprendizaje son un recurso que ya no puede obviarse en el siglo XXI en cualquier nivel educativo. Es así que hoy día las clases de laboratorio pueden desarrollarse de dos modalidades (Lucero y otros, 2005)

- I. **El laboratorio Real (LR).** Los trabajos se desarrollan de manera que el alumno esté en contacto físico con los elementos, dispositivos e instrumental requeridos para la experiencia, manipularlos y tomar mediciones.
- II. **El laboratorio Virtual (LV).** Las actividades propuestas para el trabajo de laboratorio pueden ser encaradas mediante simulaciones interactivas programadas en una PC, sin contacto físico con los elementos del laboratorio.

Generalmente la simulación muestra un determinado fenómeno permitiendo modificar algunos parámetros del mismo y visualizar qué pasa. No siempre está diseñada como un dispositivo para hacer mediciones y luego trabajar con las series de datos relevados, sin embargo eso es posible si se diseñan adecuadamente las actividades a proponer a los estudiantes. Muchas simulaciones pueden ser usadas como un dispositivo experimental virtual donde pueden levantarse series de valores medidos y luego, después del tratamiento dado a los datos, obtener algún parámetro físico importante.

Hay que reconocer que una simulación no es el fenómeno real y por ende no se trata del experimento real sino que detrás de ella está un modelo con el cual el programador decidió representar al fenómeno y para el cual utilizó herramientas de cálculo numérico que muchas veces dan resultados aproximados. Las experiencias virtuales de ninguna manera podrán reemplazar a las reales pero sí pueden ser complementarias.

El uso de simulaciones es útil cuando no se puede acceder a la experimentación directa por riesgo elevado o falta de presupuesto y/o equipamiento adecuado, o cuando se precisa un mayor número de determinaciones experimentales con menor costo y menor nivel de contaminación. La simulación cobra entonces importancia como recurso didáctico.”El carácter ubicuo del trabajo en los entornos virtuales, con una PC conectada a internet, permite producción y consumo de contenidos en cualquier lugar, facilitando el trabajo dentro y fuera de la clase” (Sagol,2011, p11), promoviendo aprendizajes autónomos.

Pensar un práctico de laboratorio como fuera del aula, sin la presencia del docente requiere de un diseño didáctico adecuado a la educación a distancia, donde debe ponerse especial cuidado en el material didáctico, de forma tal que el receptor pueda interpretar los contenidos e instrucciones para que pueda autogestionar su aprendizaje. La complejidad de la relación docente alumno a distancia necesita, por parte del emisor generador de los materiales, que éstos sean diseñados cuidadosamente “*para suplir las carencias que genera la falta de presencialidad*” (Grau,2008,p8).

Este diálogo a través de los materiales debe ser suficiente para que el alumno logre realizar las tareas y reflexiones que le llevarán a producir el informe del trabajo experimental que ha realizado y, en el cual deberían quedar plasmados sus aprendizajes.

#### 4. Propuesta didáctica

El práctico que aquí se propone es el de la determinación de la carga eléctrica del electrón, como carga elemental, por medio de una simulación que recrea el experimento de la gota de aceite de Millikan, que figura en la página del Curso Interactivo de Física en Internet “Física con Ordenador” de Angel Franco García del Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco en España, cuya dirección URL es:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/millikan/millikan.html>

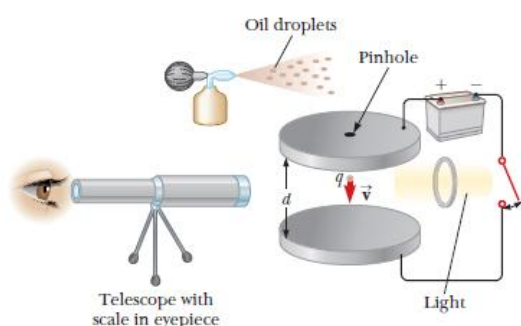
Lo que se pretende es usar este entorno virtual, no sólo para aprender el procedimiento del experimento, sino para realizar las mediciones correspondientes y obtener el valor de la carga elemental, poniendo énfasis en el tratamiento e interpretación de los resultados como un cuerpo coherente de valores que apunten a ilustrar el concepto de la cuantización de la carga.

El laboratorio fue pensado como un trabajo colaborativo y domiciliario a desarrollar en pequeños grupos de estudiantes que se vinculan entre sí, con el profesor y con los materiales de estudio, por medio del aula virtual de la cátedra que funciona con la plataforma e-ducativa del programa UNNE virtu@l. En el aula se depositan los materiales de estudio y se generan espacios de trabajo como los foros y la wiki, que permite la elaboración de documentos colaborativos.

El experimento de Millikan se basa en el movimiento de una pequeña gota de aceite cargada eléctricamente en un fluido viscoso por acción del campo gravitacional y un campo eléctrico. Tal es así que por medio de conocimientos básicos de dinámica, fuerza eléctrica y viscosidad es posible deducir la carga presente en la gota, que puede calcularse con la siguiente ecuación:

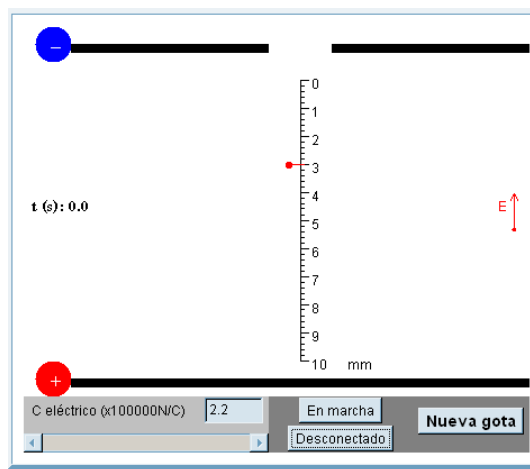
$$q = \frac{6\pi}{E} \sqrt{\frac{9\eta^3}{2\delta g}} \sqrt{v_g} (v_E + v_g) \quad (1)$$

La simulación representa un pulverizador, que luego de ser accionado deja caer la gota, que ingresa por un pequeño orificio en las placas del condensador eléctrico y puede moverse entre ellas. Las placas están conectadas a una fuente de alimentación, el interruptor se cierra para activar el campo. Puede visualizarse el movimiento de la gota de aceite entre las placas del capacitor, en caída (por acción gravitacional) y en subida (cuando se activa el campo eléctrico). Un cronómetro mide los tiempos.



**FIGURA 1** Esquema del dispositivo real

Fuente: scaneo de Serway- Vuille. College Physics-p 531



**FIGURA 2** Esquema del dispositivo virtual

Fuente: captura de pantalla de la simulación

En la ventana de la simulación están representadas las placas del condensador y la polaridad de las mismas cuando se conecta a la fuente de alimentación; esto se hace pulsando el botón Conectado. La ventana inferior izquierda permite introducir el valor del campo eléctrico que se quiere generar entre las placas del capacitor. El comando Nueva gota permite introducir la gotita de aceite entre las placas y se visualiza su movimiento descendente (movimiento gravitacional en un fluido) pudiendo medirse la distancia recorrida por medio de la escala graduada vertical (que representaría al micrómetro en el microscopio de observación). Al pulsar el botón en marcha se activa el cronómetro en el lado izquierdo de la pantalla, mide los tiempos a la décima de segundos; el botón parar detiene el cronómetro. Con el comando conectado se genera el campo eléctrico entre las placas del capacitor. Los datos de las constantes necesarias en este trabajo son:

densidad del aceite  $\delta = 800 \text{ kg/m}^3$ , viscosidad del aire  $\eta = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(ms)}$ .

La teoría que fundamenta el experimento muestra que la gota cae y sube con velocidad constante  $v_g$  y  $v_E$  por lo que es posible medir el tiempo que tarda la gotita en recorrer una distancia fija para poder obtener esas velocidades y luego obtener la carga por la ecuación (1). Para que el experimento tenga sentido es necesario determinar la carga de “muchas” gotas y para minimizar errores, también es importante medir los tiempos de caída y subida de una misma gota por lo menos 6 veces, para, con el promedio de esos tiempos, hacer la determinación de las velocidades. Acostumbrarse a manipular la simulación, sumado a la lectura del cronómetro y el registro correspondiente es una actividad que lleva su tiempo, y poder realizar las mediciones con precisión. Dado que se necesitan muchas gotas para tener los valores necesarios que permitan hacer un tratamiento de datos coherente, es que se trabaja en forma colaborativa, de modo que cada estudiante (una vez familiarizado con el entorno) solo haga las mediciones para tres gotitas diferentes, de modo que no le resulte “repetitiva y aburrida” la toma de datos.

Los alumnos trabajan colaborativamente en grupos de 20 estudiantes, pudiendo acceder cada grupo a su documento colaborativo en el aula virtual donde cargan los valores medidos por cada uno. Las instrucciones para trabajar las tienen en la guía didáctica diseñada para tal fin que se encuentra en el depósito de archivos del aula virtual (no se anexa por razones de espacio). La guía contiene en forma explícita y ordenada todas las instrucciones y cuidados para la realización del trabajo, el fundamento teórico mínimo y la forma en que deben procesarse los datos. Por otra parte, se habilita un foro para el grupo donde se intercambia entre los pares y con el docente, las inquietudes, inconvenientes, dudas y apreciaciones personales del proceso de realización del práctico.

Los estudiantes de cada grupo deben cargar tres líneas de cada una de las planillas colaborativas que confeccionan en la wiki, después de tomar los tiempos de caída y subida de tres gotitas diferentes. Las planillas tiene la siguiente forma:

N	$E \cdot 10^5$ (N/C)	$t_g$ (s)						$t_E$ (s)						$\langle t_g \rangle$ (s)	$\langle t_E \rangle$ (s)
1															
2															

**TABLA 1** Registro de los tiempos de caída y subida

N	$E \cdot 10^5$ (N/C)	$\langle t_g \rangle$ (s)	$\langle t_E \rangle$ (s)	$v_g$ (m/s)	$v_E$ (m/s)	Q (Coul)
1						
2						

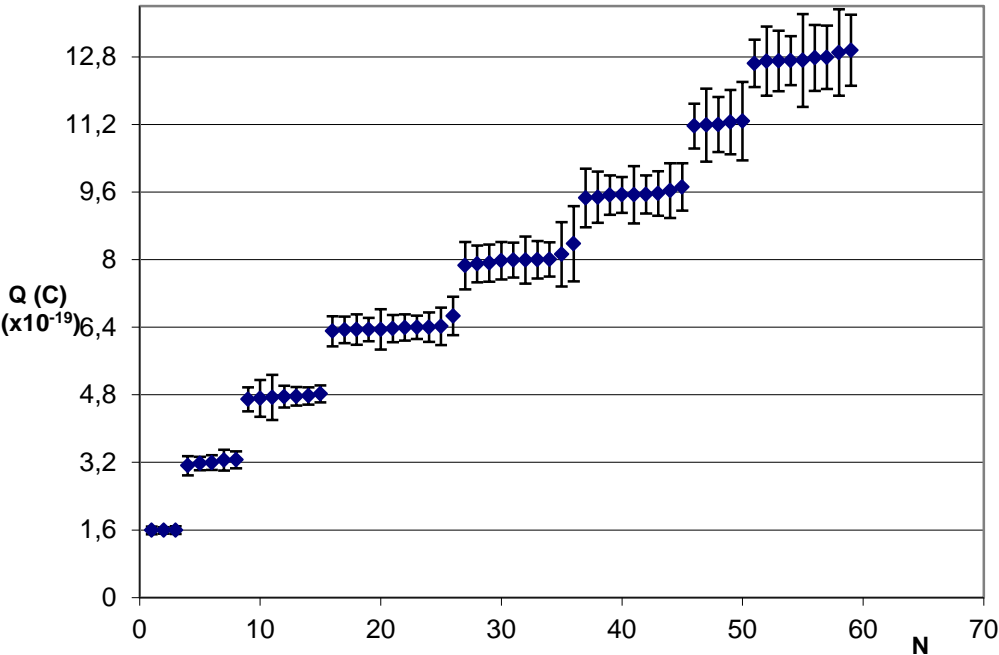
**TABLA 2** Cálculo de velocidades y carga eléctrica

Las planillas quedan completas cuando la totalidad de alumnos cargan los valores tomados y entonces recién allí están en condiciones de procesar los datos y realizar el informe correspondiente.

El procesamiento de datos que se realiza es una adaptación del que aparece en bibliografía específica sobre el experimento de Millikan (Eckert et al., 2012; Heering y Klassen, 2010; Pearson, 2005).

#### 4.1 Resultados del práctico experimental

Se aprecia que los valores obtenidos de las cargas no necesariamente se corresponden con la carga elemental; es decir que la simulación permite calcular la carga de la gota, pero no demostrar la cuantización de la misma. Esta cuestión podrá hacerse según la interpretación dada a los valores medidos. Aquí se presentan las gráficas obtenidas con los datos recogidos de 60 gotitas. Al graficar  $Q = f(N)$  se obtiene la siguiente gráfica:



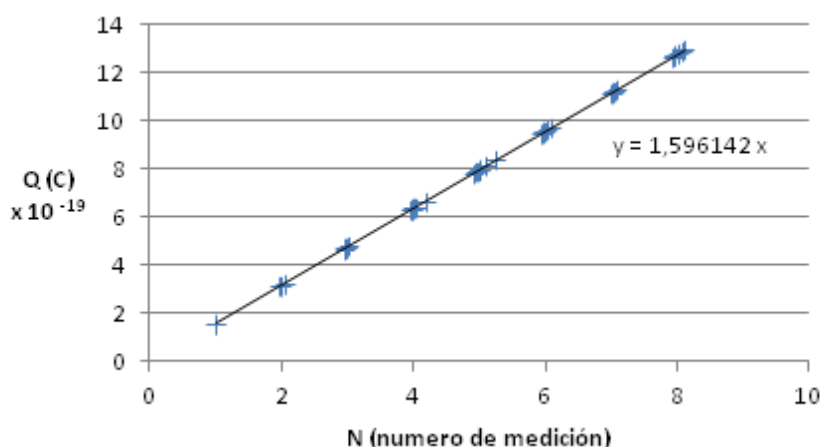
**FIGURA 3** Gráfica de carga en función del número de medición

Puede verse que todos los valores de las cargas se acomodan de tal forma que quedan acomodados alrededor de líneas horizontales. El primer análisis que se hace es ver cuál es el valor entre los escalones consecutivos de líneas horizontales, que estaría indicando una unidad de carga elemental. Para ello se toma el promedio de los valores de carga alineados horizontalmente  $Q'$  y con esos valores se hace la diferencia entre valores consecutivos. Precisamente esas diferencias se corresponden prácticamente con el valor de carga elemental, tal como puede verse en la siguiente tabla

N	$Q'$ (C) Valor promedio de cada conjunto	$\Delta Q$ (C) Diferencias entre valores consecutivos
1	1,5923E-19	1,60759E-19
2	3,19989E-19	1,55073E-19
3	4,75062E-19	1,61476E-19
4	6,36538E-19	1,60695E-19
5	7,97232E-19	1,5819E-19
6	9,55423E-19	1,6601E-19
7	1,12143E-18	1,55097E-19
8	1,27653E-18	$\langle \Delta Q \rangle = e' = 1,59614E-19 \text{ C}$

**TABLA 3** Valor promedio de cada conjunto de cargas

El promedio de las diferencias es una primera aproximación a la carga elemental. En la gráfica al poner como unidad de medida del eje de ordenadas a la carga elemental, se aprecia perfectamente como los valores se aproximan a los múltiplos enteros de la carga elemental:  $e$ ,  $2e$ ,  $3e$ , etc. Al estar indicadas la barra de error en cada determinación, pueden verse los valores que fueron medidos con mayor imprecisión. Un último análisis de datos posibles que lleve mostrar la cuantización de la carga y su valor elemental es representar  $Q' = f(N)$  asumiendo la hipótesis de que cada carga es múltiplo de  $e$ ,  $Q' = e \cdot N$ ; por regresión lineal se calcula la pendiente que estaría dando el valor de la carga elemental.



**FIGURA 4** Gráfica de  $Q'$  en función de  $N$

## 5. Metodología

Estas propuestas didácticas son probadas en las aulas y a efectos de “medir” su potencialidad para favorecer los aprendizajes, se analizan algunas variables didácticas en los informes y evaluaciones parciales que se toman como instrumentos de recolección. El informe presentado del práctico experimental virtual es la principal fuente de datos. Se analizan allí las siguientes categorías: identificación de variables relevantes, fundamentos del experimento, tratamiento de datos. Los parciales de la asignatura también incluyen actividades a resolver que permiten medir estas mismas categorías. El nivel de logro de respuestas correctas es una medida del aprendizaje realizado. La coherencia interna del informe del práctico y las consultas realizadas en el aula virtual, son tomados como indicadores para monitorear la calidad del material didáctico diseñado como elemento para la autogestión del aprendizaje. En la encuesta final de asignatura se recoge información cualitativa que permite conocer las apreciaciones de los alumnos ante este tipo de actividades.

## 6. Conclusiones y perspectivas didácticas

Conocer los experimentos cruciales de la física permite al alumno tomar conciencia de los modos en que los científicos generan el cuerpo de teorías científicas.

Las experiencias virtuales de ninguna manera podrán reemplazar a las reales pero sí pueden complementar a las clases de problemas y de laboratorio real. Aquí, este tipo de prácticas permiten ampliar las posibilidades de aprendizaje apoyando a la escasa presencialidad aúlica.

Si bien este práctico se ha implementado en la última cursada recientemente, el análisis general de los informes, y las escasas consultas en el aula virtual muestran que la autogestión del aprendizaje ha sido lograda. Como esta modalidad de laboratorios virtuales domiciliarios ya se viene implementando paulatinamente, con otros contenidos, las respuestas de los estudiantes en la encuesta final son alentadoras, por ejemplo: “*no tuvimos dificultades para hacer los laboratorios*”, “*la guía nos sirvió ...*”. Un resultado que consideramos importante destacar es que ya son muy pocos los informes que deben ser devueltos para rehacer, el tratamiento de datos que siempre tenía dificultades, ya va siendo superada. Las preguntas conceptuales en el informe, son respondidas correctamente.

Trabajar colaborativamente no sólo para evitar “lo aburrido” pero necesario de la toma de datos, sirvió para comprender y valorar el trabajo en equipo que se da muchas veces dentro de la comunidad científico-técnica, donde equipos de investigadores de diferentes lugares se abocan en un mismo proyecto al estudio de un fenómeno, compartiendo tareas y mediciones experimentales realizadas en diferentes lugares.

La simulación elegida aquí es interesante porque permite trabajar el fenómeno con la misma lógica que si se lo abordara experimentalmente con la experiencia real. Las simulaciones funcionan como recurso didáctico que contribuyen a que el estudiante pueda seguir entrenándose para pensar con la “lógica de la física”, donde la realidad debe dar cuenta de lo que enuncian las leyes.

## 7. Bibliografía

American Association of Physics Teachers 1997. The goal of introductory physics laboratory. Documento de declaración política, disponible en [www.aapt.org/Resources/policy/goaloflabs.cfm](http://www.aapt.org/Resources/policy/goaloflabs.cfm) (consulta el 6/12/2014)



Grau, J. (2008). Curso: La educación virtual en la enseñanza universitaria. Módulo 4: Diseño y producción de materiales EAD. UNNE virtu@l. Editorial fundec.

Eckert, S.; Gröber, M.; Vetter, M.; Hans-Jörg J. (2012). Millikan's oil-drop experiment as a remotely controlled laboratory. Eur. J. Phys. 33: 1227-1233

Franco García, A.(2010). Curso Interactivo de Física en Internet "Física con Ordenador" Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco en España. Disponible en <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/millikan/millikan.html> (última visita 10/12/2014)

Lucero, I., Meza, S.; Aguirre, M. S. (2005). Uso de simulación en física. LatinEduca. Segundo Congreso Latinoamericano de Educación a distancia. En <http://www.latineduca2005.com/latineduca2005/index.htm> (consulta 6/6/2006)

Lucero, I. (2009). El laboratorio virtual en prácticas de física moderna. Primeras relatorías de experiencias pedagógicas con aplicación de nuevas tecnologías. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste.

Heering, P.; Klassen, S. (2010). Doing it differently: attempts to improve Millikan's oil-drop experiment . Physics Education. 45(4): 382-393

Pearson, E. (2005). Revisiting Millikan's Oil-Drop Experiment. Journal of Chemical Education.82(6): 851-854

Res.3390 y 3391/12 CS. (2012). Diseño Curricular de Ingeniería eléctrica y en electrónica.UNNE.

Serway, R.; Vuille,C. (2010). College Physics 9 edición.Boston. Brooks/Cole

Sagol, C. (2011). El modelo 1 a 1: notas para comenzar. 1a ed. Buenos Aires. Ministerio de Educación de la Nación.

# 12TCE - MODELO DE PERTURBACIÓN PARA EL DIAGNOSTICO COGNITIVO DEL ESTUDIANTE DE INGENIERIA BASADO EN LOGICA DIFUSA

HUAPAYA<sup>1</sup>, C.; GUCCIONE<sup>1</sup> L.; LIZARRALDE<sup>1</sup> F.; GONZALEZ<sup>2</sup>, M.

<sup>1</sup>Departamento de Matemática. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302, Mar del Plata. Argentina.

E-mail: [huapaya@fi.mdp.edu.ar](mailto:huapaya@fi.mdp.edu.ar)

<sup>2</sup>Facultad de Psicología. Universidad Nacional de Mar del Plata.

## Resumen

El núcleo del prototipo computacional para estimar el nivel de conocimiento del estudiante de ingeniería desarrollado consta de dos componentes centrales: un modelo híbrido de perturbación para representar el conocimiento y computar una estimación del diagnóstico cognitivo del estudiante, y otro modelo para representar los estilos de aprendizaje y nivel de conocimiento. Con la información dada por el núcleo se estiman los perfiles cognitivos. En particular, aquí presentamos el primer componente (modelo de perturbación). Para ilustrar el modelo se ha desarrollado el mismo sobre un tema específico. El tema fue dividido en tópicos de una granularidad media almacenado en una estructura de árbol. Las hojas fueron evaluadas con un modelo difuso. Luego las ramas del árbol fueron activadas para finalmente observar los valores que toma el tronco. De este modo podemos inspeccionar el avance de los estudiantes y los errores cometidos. El modelo del estudiante ha sido implementado en Java.

## 1. Introducción

Debido al importante avance de la tecnología computacional e internet, el aprendizaje basado en computadora ha crecido en forma sostenida en la última década (Chrysafiadi y Virvou, 2013). Sin embargo, todavía existen problemas cuando comparamos estos sistemas de enseñanza/aprendizaje con las clases en el aula. Algunos de los inconvenientes que se presentaron son la falta de soporte adaptativo para sostener la flexibilidad en la representación de los usuarios.

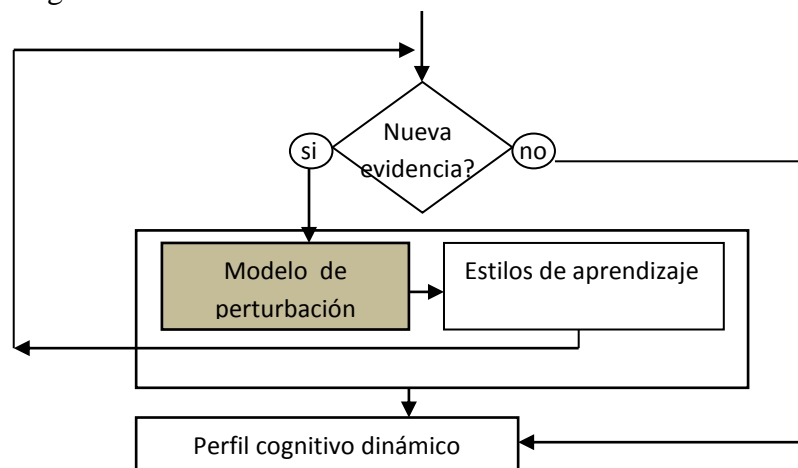
La adaptación busca facilitar el aprendizaje ajustándose a cada usuario, estimar el avance del estudiante e inferir su nivel de conocimiento. Un enfoque exitoso es el *modelado del estudiante* (VanLehn, 1988). (Self, 1990) sostenía que el modelado del estudiante es un proceso orientado a representar aspectos cognitivos del estudiante, tales como, el análisis del rendimiento, examinar sus errores, representar sus objetivos, identificar el conocimiento previo y adquirido, y describir sus características personales. Por lo tanto, un factor crucial para el diseño de un sistema educativo es la construcción *de un modelo del estudiante* efectivo. El modelado del estudiante puede definirse como el proceso de reunir información relevante a fin de inferir el estado cognitivo actual y representarlo de manera tal que sea accesible y útil para la adaptación.

La medición del nivel de aprendizaje presenta gran dificultad debido, entre otros motivos, a la **incertidumbre** originada tanto en su naturaleza dinámica como en el enfoque interpretativo que hace el docente sobre la actividad del estudiante. Una de las

herramientas más exitosas en el tratamiento de la incertidumbre es la Lógica Difusa (Zadeh, 1975). Esta lógica puede ser usada para proporcionar una descripción lingüística de las características cognitivas basadas en las opiniones de los docentes y manipular la incertidumbre asociada con la evaluación subjetiva (Jameson, 1996) presenta un excelente material de lectura sobre el manejo de la incertidumbre en el modelado del estudiante. Uno de los elementos más importantes de la Lógica Difusa son los conjuntos difusos (Zadeh, 1965).

Un conjunto difuso A sobre un universo de objetos X, se define a través de su función de pertenencia, definida en el intervalo  $[0,1]$ , i.e., la función  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ .  $\mu_A(x)$  indica el grado de pertenencia de cada elemento x al conjunto difuso A, el cual se representa como  $A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}$ . De este modo,  $(x,0)$  indica que x no tiene ninguna pertenencia al conjunto A y el par  $(y,1)$  propone la total pertenencia de y al conjunto difuso A. En el caso de  $(z, 0.5)$  se puede considerar que z tiene mediana relación con A. Nótese que si la función de pertenencia sólo alcanza los valores 0 o 1, sólo se obtiene la teoría tradicional de conjuntos, pero con la lógica difusa, es posible expresar el grado de pertenencia de x al conjunto A con todos los valores intermedios entre 0 y 1.

Hemos explorado una metodología para diseñar un modelo del estudiante a fin de estimar el estado cognitivo considerando la incertidumbre (Chen y Li, 2011), (Ma y Zhou, 2000) Inicialmente, se ha diseñado un núcleo compuesto por dos módulos (se ilustra en la figura 1). El primero de ellos, que es el expuesto en este artículo, es el **modelo de perturbación** que interactúa con los estilos de aprendizaje y estereotipos a fin de inferir el modelo del perfil cognitivo dinámico el cual es presentado en otro trabajo de investigación.



**Figura 1:** Esquema del núcleo del Modelo de Estudiante

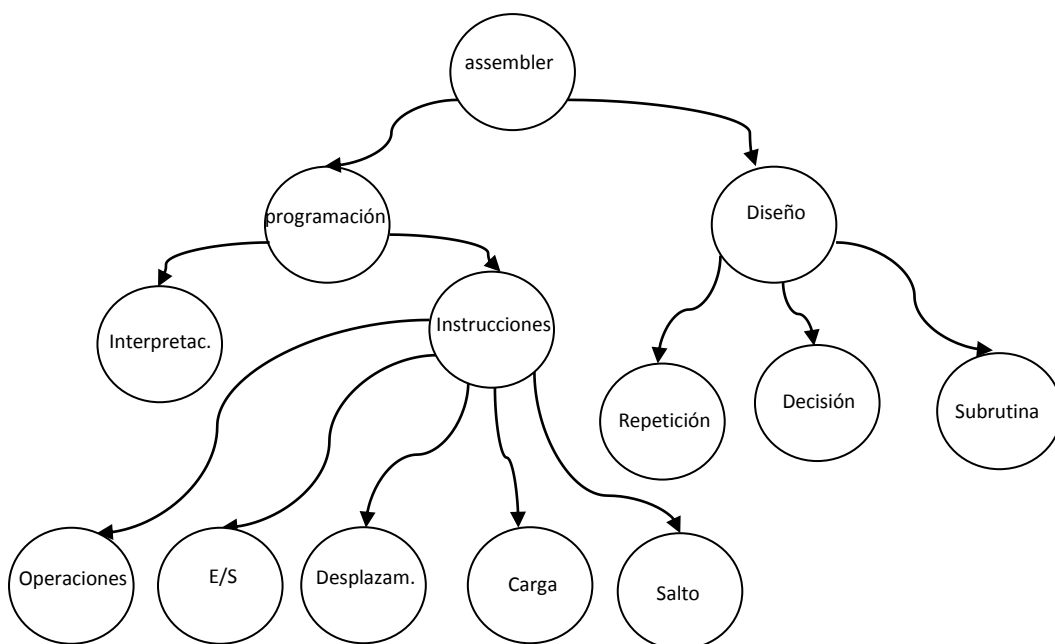
El Modelo de perturbación modifica su contenido a medida que el sistema recibe nuevos datos sobre la actividad del estudiante. La información producida por este Modelo interactúa con los estilos de aprendizaje y estereotipos de cada alumno para construir un perfil cognitivo dinámico.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de nuestra investigación es mejorar el diagnóstico cognitivo del estudiante de ingeniería a fin de ampliar y profundizar la estimación del logro. Este artículo presenta el desarrollo de un modelo del estudiante siguiendo una estructura híbrida a fin de ampliar el perfil cognitivo de alumnos de ingeniería. Para alcanzar tal objetivo se ha planteado un modelo overlay al cual se le integró los errores/equivocaciones encontrados en el proceso de aprendizaje de un grupo de estudiantes en un tema específico. De esta forma tendremos un modelo llamado de perturbación. El tema a enseñar es representado con una estructura de árbol. El modelo overlay híbrido para representar el conocimiento del estudiante en un instante dado ha utilizado un sistema de lógica difusa para valorar las hojas del árbol. Luego se activan las ramas para finalmente llegar al tronco del árbol donde figura el tema principal.

## 3. Metodología

El modelo overlay representa el conocimiento del estudiante bajo la hipótesis de que un estudiante posee conocimiento parcial, pero correcto con respecto al área del conocimiento en estudio. La diferencia entre el conocimiento del experto y del estudiante es la falta de habilidades y conocimiento del estudiante. La finalidad de este modelo es tratar de eliminar esa diferencia tanto como sea posible. El dominio se descompone en un conjunto de elementos (que pueden ser conceptos o tópicos). En la figura 2 se aprecia un modelo overlay sobre el tema “Programación en assembler” perteneciente a la asignatura Fundamentos de la Informática.



**Figura 2:** representación del dominio como conjunto de nodos sobre el lenguaje assembler

En el modelo overlay puro, cada elemento se marca como aprendido o no aprendido. En su versión moderna, el modelo representa el grado de dominio que tiene el estudiante sobre cada tópico usando una medida cualitativa. En particular, hemos adherido a esta segunda postura y se ha utilizado los siguientes cuatro conjuntos difusos para describir

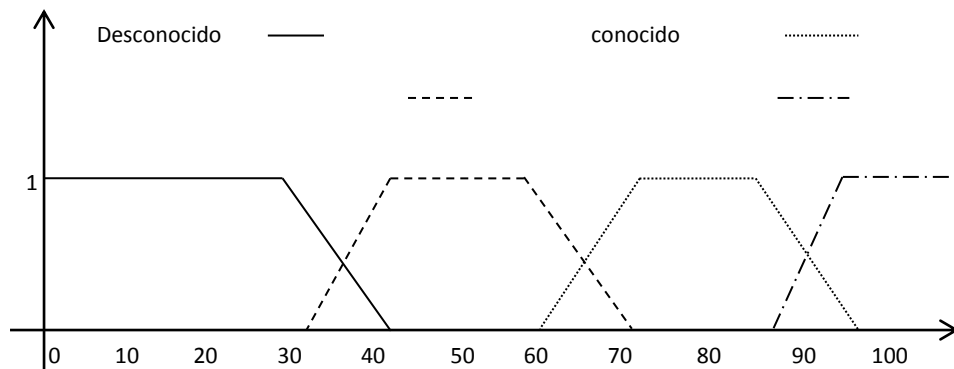
el conocimiento del estudiante en cada nodo del dominio: *desconocido*, *insatisfactoriamente conocido*, *conocido* y *aprendido*. Las funciones de pertenencia a cada conjunto figuran en las fórmulas (1) a (4) y cuyas graficas se aprecian en la figura 3.

$$\mu_{\text{desc}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 30 \\ 1 - \frac{(x-30)}{10}, & 30 \leq x \leq 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{insast}}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{10}, & 30 < x < 40 \\ 1, & 40 \leq x \leq 55 \\ 31 - \frac{x-55}{10}, & 55 < x < 65 \\ 0, & x \leq 30 \text{ o } x \geq 65 \end{cases} \quad (2)$$

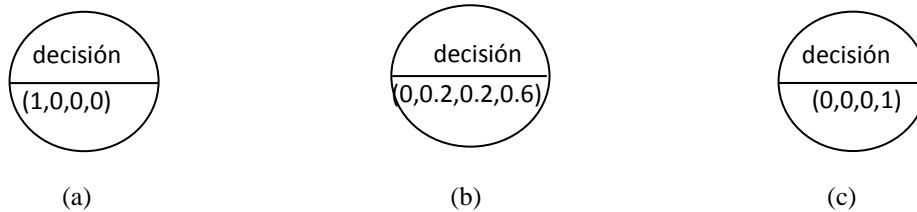
$$\mu_{\text{conoc}}(x) = \begin{cases} \frac{x-55}{10}, & 55 < x < 65 \\ 1, & 65 \leq x \leq 80 \\ 1 - \frac{x-80}{10}, & 80 < x < 90 \\ 0, & x \leq 55 \text{ o } x \geq 90 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{aprend}}(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{10}, & 80 < x < 90 \\ 1, & 90 \leq x \leq 100 \\ 0, & x \leq 80 \end{cases} \quad (4)$$



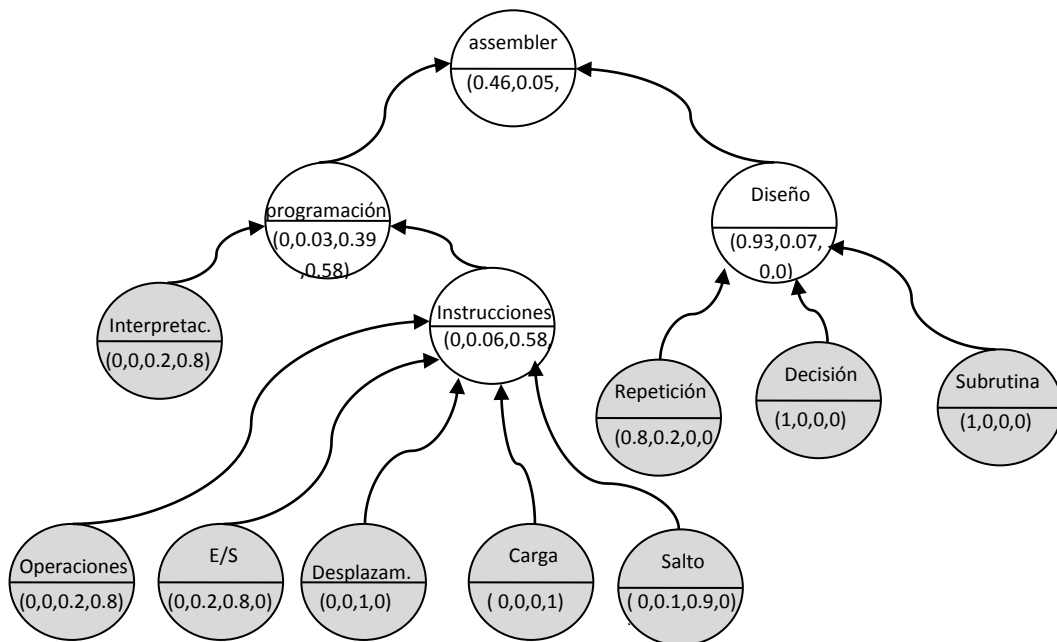
**Figura 3:** funciones de pertenencia

A cada nodo se le asocia una 4-upla formada por los valores de cada una de las funciones ( $\mu_{desc}(x)$ ,  $\mu_{insast}(x)$ ,  $\mu_{conoc}(x)$ ,  $\mu_{aprend}(x)$ ) a fin de expresar el conocimiento del estudiante sobre el concepto en evaluación, esto es, para valor de  $x$ , se evalúan las cuatro funciones de pertenencia. Para ilustrar su uso en un tópico como “estructura de control de decisión” veamos los ejemplos presentados en la figura 4. En 4(a) se expresa que el estudiante desconoce completamente el tópico; en 4(b) posee un 20 % de conocimiento insatisfactorio, un 20 % de conocimiento y 60 % de aprendizaje en el tópico y en 4(c) se aprecia el total aprendizaje de la estructura de decisión.



**Figura 4:** Ejemplos de 4-uplas en la evaluación de un tópico

En la figura 5 se aprecian los tópicos del dominio evaluados. Las hojas del árbol están en tono gris y son las evaluaciones aportadas por el docente/evaluador. Luego, con el programa cuya interface se aprecia en la figura 6, se activan el resto de los elementos del árbol hasta llegar al nodo central (esto es, assembler). La activación se ha calculado, en este caso, como promedios de los hijos de cada nodo.



**Figura 5:** Ejemplo del modelo de perturbación para un estudiante

Por otro lado, el modelo de perturbación es una extensión del modelo overlay que representa el conocimiento del estudiante incluyendo los errores o conocimiento incorrecto. Este modelo es útil para el diagnóstico cognitivo, motivo por el cual lo hemos elegido para nuestro desarrollo. El uso de la 4-upla puede proporcionar

información importante sobre el logro del estudiante, sea este positivo así como los errores encontrados en cada tópico.

Los casos que muestran un buen logro implican valores bajos en la primera y segunda componente de la 4-upla y valores altos en la tercera y cuarta componente. Por el contrario, la visualización de los errores se aprecia cuando se encuentran valores altos en las dos primeras y valores bajos en las dos últimas.

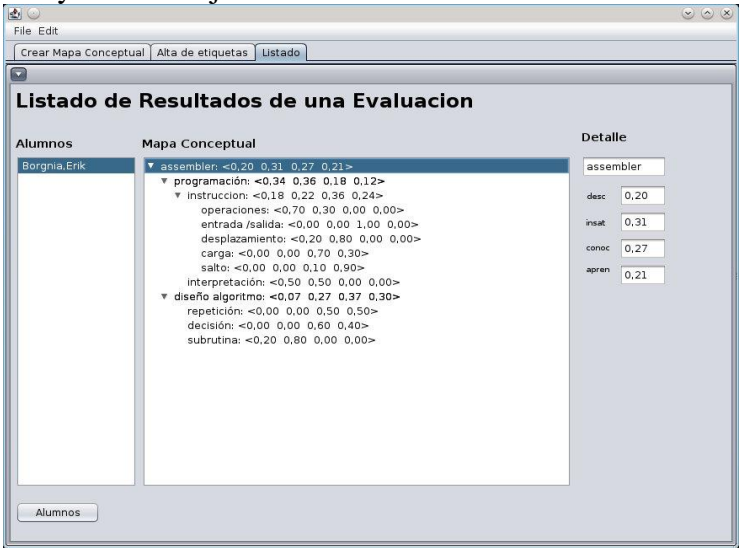
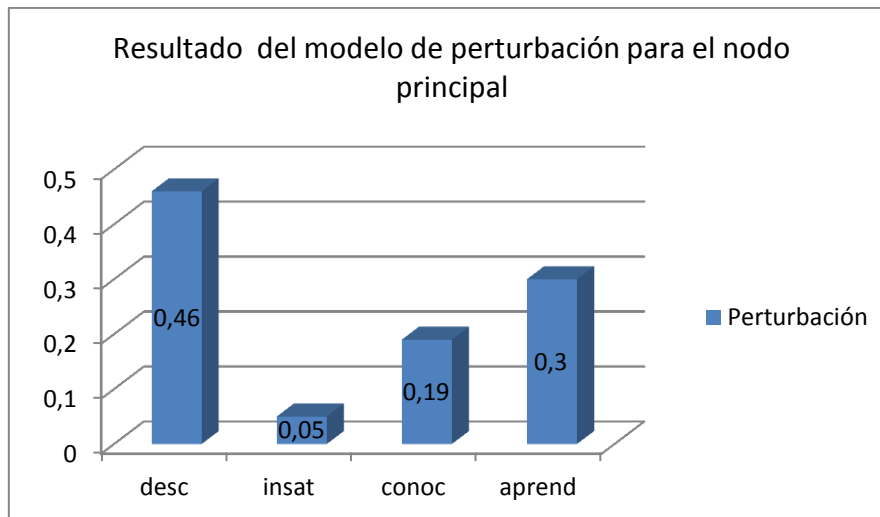


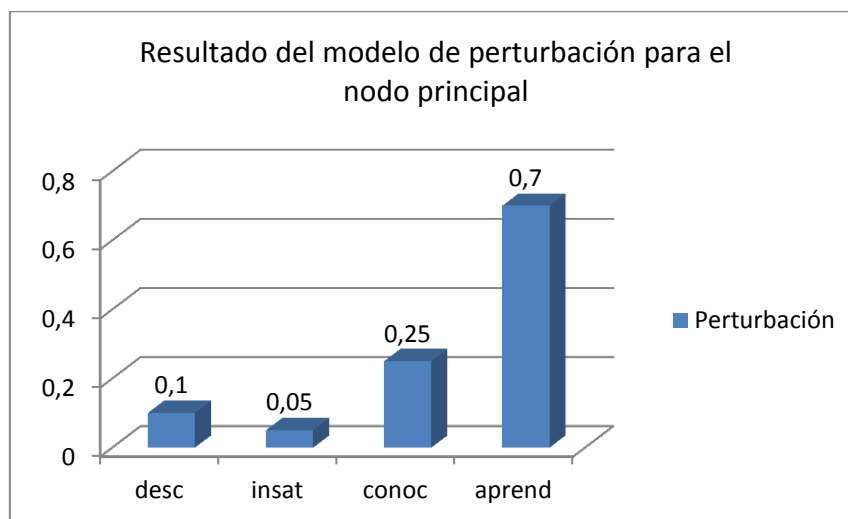
Figura 6: Programa que crea y evalúa los dominios estructurados como árboles

#### 4. Resultados

Se ha trabajado en varios cursos de las carreras de ingeniería. Particularmente se ha analizado los resultados sobre 30 estudiantes de una asignatura del ciclo básico de la carrera de Ingeniería Informática. Sobre el total del grupo se pudo discriminar los alumnos sin ningún conocimiento previo (72 %) a partir del análisis de la primera componente de la 4-upla. Los alumnos recursantes (15 %) fueron detectados a partir del dominio insatisfactorio del tópico principal. Los alumnos recursantes que perdieron la asignatura en exámenes finales (10%) se encontraron considerando la tercera componente y, finalmente, hubo un 3% de estudiantes con pases de otras carreras de Informática quienes sobresalieron en la cuarta componente.



**Figura 7:** Resultados del modelo de perturbación de un estudiante



**Figura 8:** Resultados modificados del modelo de perturbación del estudiante de la figura 7

## 5. Conclusiones

El modelo de perturbación proporciona detalles sobre la evolución del aprendizaje en cada nodo y puede ser visualizado fácilmente a lo largo de un tiempo determinado. Además de este uso primario, los resultados proporcionados por este modelo de perturbación son utilizados por el núcleo del modelo del estudiante que está siendo implementado a fin de estimar un perfil cognitivo dinámico.

## Bibliografía

- Chen S.M., Li T.K. (2011). Evaluating students' learning achievement based on fuzzy rules with fuzzy reasoning capability. *Expert Systems with Applications*: 38(4) 4368–4381.
- Chrysafiadi K., Virvou M. (2013) Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*. 40(11): 4715-4729.



Jameson A., (1996) Numerical Uncertainty Management in User and Student Modeling: An Overview of Systems and Issues. *User Modeling and User-Adapted Interaction* (5).

Ma J.; Zhou D. (2000) Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning. *IEEE Transactions on Education*: 43(2),237-241

Self, J.A.. (1990). Bypassing the intractable problem of student modelling, in C. Frasson and G.Gauthier (eds.), *Intelligent Tutoring Systems: at the Crossroads of Artificial Intelligence and Education*, Ablex, Norwood, N.J., 107-123.

VanLehn K. (1988) Student modeling. En *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, eds.: Polson M.C. y Richardson J.J. Lawrence Erlbaum.

Zadeh L.A. (1975). Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthese*: 30(3-4) 407-428

Zadeh L.A (1965). Fuzzy sets. *Information and control* 8. p 338-353

## **13TCE - ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA TENDIENTES A EVITAR LA DISOCIACIÓN ENTRE MATEMÁTICA Y LAS TECNOLÓGICAS**

**CISTAC, G. I.; BONGIANINO, R. H.**

**Facultad de Ingeniería, UNLPam - Universidad Nacional de La Pampa**  
**[bongianino@ing.unlpam.edu.ar](mailto:bongianino@ing.unlpam.edu.ar); [cistacg@ing.unlpam.edu.ar](mailto:cistacg@ing.unlpam.edu.ar)**

### **Resumen**

En los últimos años en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam, se desarrollan actividades de enseñanza y de aprendizaje, tendientes a evitar la disociación existente entre conceptos matemáticos y su aplicación en asignaturas tecnológicas buscando: una interrelación vertical, integrando contenidos e incorporando conceptos de Control en los primeros años de la carrera. El proceso de aprendizaje se lleva a cabo en las clases de Análisis III, Electrotecnia y en un taller extracurricular planificado para tal fin. Algunas de estas actividades y sus enfoques metodológicos fueron compartidos en las ediciones 2009 y 2012 del Clicap, y en esta instancia presentamos los resultados globales alcanzados y una descripción de la metodología implementada.

La actividad se encuadra en el marco de un proyecto de investigación y plantea lograr una interacción entre asignaturas de ciencias básicas, tecnológicas básicas y aplicadas. En Análisis III (analizando puntualmente el tema de Transformadas de Laplace, que permite resolver ecuaciones diferenciales), en Electrotecnia, (analizando la ecuación diferencial en los circuitos eléctricos con elementos lineales, alimentados con tensión continua o alterna), y Teoría de Control I (que modela distintos sistemas físicos utilizando diagramas de flujo de modo de poder utilizar un software de simulación).

En Análisis se plantea un sistema mecánico de traslación, el que puede ser desarrollado con los conocimientos de los estudiantes, se modela la ecuación matemática, se resuelve la misma con Transformada de Laplace mostrando su potencialidad frente a otras herramientas, se utiliza un software de simulación que permitirá la interpretación y análisis de las soluciones, ya que la visualización de respuestas ayudan a internalizar mejor los resultados. En Electrotecnia se parte de un circuito eléctrico lineal, se modela la ecuación matemática, se la resuelve con Transformada de Laplace, al igual que en Análisis mostrando su potencialidad, y utilizando software adecuado para realizar la simulación. En el taller extracurricular con una metodología similar se analizan los sistemas mecánicos y los circuitos eléctricos lineales, buscando las respuestas temporales tanto de posición o de corriente, para internalizar las herramientas matemáticas, como los propios conceptos tecnológicos involucrados.

Las actividades se complementan con material multimedia disponible desde el Campus Virtual de la Facultad. Al finalizar cada una de las experiencias, se realizan encuestas, entrevistas, cuestionarios, se confeccionan diarios de campo para recabar datos, que luego de tabulados, procesados y analizados muestran indicadores que permiten llegar a conclusiones, y reformular las planificaciones para actividades futuras.

## 1. Introducción

En las carreras de Ingeniería al dictarse las asignaturas se desarrollan los temas teóricos, se resuelven trabajos prácticos de problemas rutinarios y se realizan experiencias de laboratorio, fundamentalmente en las áreas de Física y Tecnológicas Básicas. Esta forma tradicional de desarrollar las actividades en el aula donde se trabajan los contenidos de manera formal pero abstracta, puede llevar a los estudiantes (principalmente en las asignaturas Matemática y Física) a que su aprendizaje sea memorístico y de poca aplicación ingenieril. En este contexto si bien la acreditación de esos conocimientos en la mayoría de los estudiantes es satisfactoria, cuando deben realizar la aplicación en otras áreas se presentan algunas dificultades pues pareciera que los conceptos involucrados fueran nuevos. Esta situación ha sido descrita por algunos autores de la siguiente manera: (Santos Trigo, 2008) se refiere a que los estudiantes no pueden realizar una transferencia del conocimiento, para (Ojeda y Alcalá, 2004) pareciera que los conocimientos quedasen anclados en las asignaturas, (Sancho Gil, 2001) lo plantea como una visión desintegrada del conocimiento académico.

Las expresiones anteriores obligan a reflexionar sobre los enfoques de aprendizaje: profundo, superficial, estratégico, como así las orientaciones para el estudio identificándolas como: construcción de significados, reproductor de conocimientos, o el que persigue logros; estos enfoques y orientaciones del aprendizaje están centrados en el estudiante (Entwistle y Waterston, 1988). Lo que se debe preguntar el docente es si los estudiantes han comprendido los conceptos acreditados, entendiendo la comprensión como: "... la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe" (Perkins, 1999). Para que se logren transferir flexiblemente los conocimientos y habilidades que los estudiantes poseen, se deben modificar las actividades en el aula de modo que las acciones emprendidas produzcan un cambio en los procesos de aprendizaje con desempeños comprensivos. Toda institución académica busca lograr que los estudiantes aprendan los conocimientos que están presentes en el diseño curricular. La realidad es que existen distintos tipos de aprendizaje y los estudiantes pueden aprender según distintas motivaciones, lo que pueda derivar que con el tiempo si el aprendizaje no fue significativo, pareciera que el mismo no existiera ya que no perdura con el tiempo. Si durante el proceso de aprendizaje se logra que el mismo sea del tipo comprensivo será más perdurable.

La propuesta a compartir es encontrar acciones que logren generar aprendizajes de este tipo en los estudiantes, donde el docente modifica su práctica para solucionar un problema que está relacionado íntimamente con los objetivos de la enseñanza. En este contexto los docentes tienen un desempeño trascendente, ocupando un rol motivador para los estudiantes, buscando estrategias adecuadas, despertando el interés en ellos, posibilitando lograr aprendizajes más duraderos. Se pretende que los estudiantes al concluir las actividades logren en forma más rápida internalizar que los conocimientos sirven para resolver situaciones tecnológicas no siendo un fin en sí mismos, dando un significado a las conceptualizaciones adquiridas. La utilización de simulaciones a través de herramientas virtuales y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación juegan un papel interesante pues el entorno que ellas ofrecen a los estudiantes los motiva al realizar las actividades involucrando sus sentidos, a la vez que éstas son el nexo para verificar la validez de los resultados analíticos y las que complementan la integración de los conocimientos.

Para llevar a cabo la propuesta sin modificar el Plan de Estudio y sin interferir en el dictado de las asignaturas se implementaron dos estrategias metodológicas, en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam, por un lado un Taller extracurricular, y por el otro actividades conjuntas de profesores de distintas áreas que en forma simultánea en las clases de Análisis III y Electrotecnia. En ambas estrategias se desarrollan los contenidos seleccionados con la utilización de transformada de Laplace, aplicadas a la resolución de sistemas físicos (sistemas mecánicos de traslación masa resorte amortiguador y circuitos eléctricos lineales RLC) con la utilización de herramientas de simulación.

El Taller extracurricular surge a partir de una iniciativa entre docentes de Electrotecnia y Teoría de Control cuando en las reuniones de Departamento donde se analizan y discuten los temas relacionados con los aprendizajes y desempeños de los estudiantes. En dichas reuniones los docentes consideraron que al involucrar asignaturas de distintas etapas de la carrera se ayuda a los estudiantes en su proceso de integración de contenidos. El incorporar tempranamente algunos conceptos de las Tecnológicas Aplicadas lograría motivación y un acercamiento a la actividad profesional. Los contenidos seleccionados para trabajar en el Taller (sistemas mecánicos de traslación y circuitos eléctricos) involucran conocimientos de Análisis III, Física I y II con una carga horaria de 12 horas desarrolladas en encuentros semanales de 3 h cada uno.

La actividad llevada a cabo en las clases forma una propuesta diferente a las utilizadas generalmente puesto que en forma conjunta los docentes de las distintas áreas presentan el tema de Transformadas de Laplace, que permite entre una de sus posibilidades resolver ecuaciones diferenciales (Análisis III), circuitos eléctricos con elementos lineales como resistencias, capacitores e inductancias, alimentados con tensión continua o alterna, de modo de analizar las ecuaciones diferenciales que lo modelan (Electrotecnia), y los diagramas de flujo y de simulación de modo de poder utilizar un software de simulación del proceso físico en estudio (Teoría de Control I). Para lograr la vinculación de los temas mencionados el dictado de los mismos se lleva a cabo en las clases de Análisis III y Electrotecnia.

Para analizar y reflexionar sobre las acciones llevadas a cabo en el desarrollo de las actividades es necesario contar con información, realizando una evaluación tanto del proceso como de los resultados. Algunas de las técnicas y métodos para conseguir la información serán: diarios de campo del profesor, entrevistas, encuestas, guía de observaciones y cuestionarios. Estos instrumentos buscan información vinculada con experiencias, actitudes, creencias, pensamientos y reflexiones que presentan lo vivido por los propios protagonistas, obteniéndose indicadores dentro de los cuales algunos serán cuantificables y otros no. Los mismos docentes indagamos, reflexionamos sobre las acciones y situaciones, llevando a cabo la investigación, enmarcándola en la Investigación - Acción, donde los datos relevados según técnicas cualitativas permitirán, luego de la triangulación correspondiente, arribar a la reflexión. La misma permitirá identificar las dificultades para lograr desempeños comprensivos y así modificar las estrategias de enseñanza. Esta información es importante pues según (Taylor y Bogdan, 1987) la metodología cualitativa "... se refiere en su más amplio sentido a la investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas y escritas y la conducta observable".

Durante el proceso se busca recabar información de tal forma que se reflejen tanto las situaciones académicas como las personales y grupales de la realidad en el aula, de modo de poder construir una visión objetiva de la realidad, la misma deberá describirse evitando una valoración subjetiva de modo que nuestras propias interpretaciones no sustituyan a los hechos.

## **2. Objetivos**

Al finalizar las actividades planteadas los estudiantes deben ser capaces de: Por un lado tomar exacta dimensión de la vinculación existente entre el problema físico, el planteo matemático y la solución del problema, internalizando para ellos las herramientas matemáticas utilizadas, permitiendo de esta forma relacionar la matemática con las situaciones de las áreas tecnológicas acorde a los conocimientos previos. Lograr de esta forma de una manera más rápida asimilar que los conocimientos matemáticos se aplican en otras asignaturas y no son un fin en sí mismos. En todo el proceso se tiende en lo posible a una articulación vertical entre materias de ciencias básicas y tecnológicas. Las herramientas virtuales permiten lograr una mejor interpretación de los resultados obtenidos. Dentro de los objetivos buscados tiene mucha significación lograr la integración de contenidos dentro de las asignaturas involucradas de modo que los estudiantes dejen de ver a las mismas como compartimientos estancos, para lo cual los estudiantes serán capaces de realizar aprendizajes profundos y significativos.

## **3. Metodología**

La selección de temas se realizó teniendo en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes ya que debían ser capaces de utilizarlos fuera de las asignaturas específicas que era el ámbito donde los habían adquirido. La dinámica de los sistemas físicos a modelar se resuelve utilizando Transformada de Laplace para luego analizar la relación entre el campo transformado y el dominio temporal. La elección de esta herramienta matemática es debido a que cuando en la primer asignatura de Control los estudiantes deben emplear los conceptos que relacionan dominio temporal - transformado de Laplace, es decir se los está poniendo en la situación de que piensen a partir de lo que saben de modo de demostrar una "capacidad de diseño flexible" no pueden generalmente llevarla a cabo, a pesar de reconocer que el conocimiento (traducido como información) y la habilidad (desempeño rutinario) lo poseen, pero interpretando que la comprensión escapa a esas normas (Perkins, D. 1999).

Los sistemas físicos elegidos (mecánicos de traslación y circuitos eléctricos) han sido analizados y estudiados en otras asignaturas, pero la idea es recuperarlos como conocimientos previos de modo de ver las aplicaciones que se hace de ellos en la primera asignatura de Control. El sistema de traslación (formado por una masa  $m$ , resorte  $k$ , amortiguador  $b$ ) y los circuitos eléctricos (formado por resistencia  $R$ , bobina  $L$ , capacitor  $C$ ) permiten analizar mediante función transferencia la respuesta característica de sistemas de primer o de segundo orden (con todas las posibles soluciones de la ecuación de segundo grado) y presentar los conceptos asociados a esos tipos de respuesta que se hace desde el Control. Esos dos sistemas físicos permiten retomar conceptos que tienen importancia en control y que pueden pasar desapercibidos cuando fueron adquiridos debido a la dinámica de las asignaturas donde fueron desarrollados.

En Análisis III se plantea como punto de partida el estudio de un proceso físico (el que puede ser desarrollado con los conocimientos previos de los estudiantes, el cual debe estar modelado (por las ecuaciones dinámicas adecuadas) de modo de poder aplicar la Transformada de Laplace para resolver las ecuaciones diferenciales del proceso. El sistema físico bajo análisis es uno mecánico de traslación (formado por una masa, resorte y amortiguador al que se le aplica una fuerza constante) para luego analizar el desplazamiento, velocidad y aceleración que adquieren los distintos componentes. Una vez modelado el sistema y resuelto, se implementa un diagrama de simulación de modo de visualizar gráficamente las soluciones analíticas halladas anteriormente. La simulación es el puente que permitirá el análisis y una mejor interpretación de los resultados, puesto que la visualización ayuda a internalizarlos mejor. En Electrotecnia los estudiantes que se hallan cursando tercer año, analizan circuitos eléctricos lineales RLC alimentados con tensión continua o alterna, para obtener el comportamiento dinámico de los mismos analizando los valores de corriente que circula por cada elemento y de caída de tensión en cada uno de ellos. En este caso la resolución de la ecuación matemática que los modela se resuelve utilizando Transformada de Laplace y al igual que en Análisis III se muestra su potencialidad al analizar conjuntamente las respuestas transitoria y permanente y se utiliza la simulación como herramienta que permite corroborar o no el análisis teórico. En caso de no existir concordancia entre lo resuelto y lo simulado se deben analizar las posibles fuentes de error, el estudiante debe hacerse las siguientes preguntas: ¿Se plantearon mal las ecuaciones?, ¿Está mal implementada la simulación?, ¿Cuál es la fuente del error?. La respuesta a estos interrogantes es parte del proceso de aprendizaje donde a partir de errores o resultados no satisfactorios se debe replantear la situación. La simulación posee otra característica importante para el análisis de procesos físicos que es la facilidad para variar parámetros de modo de poder analizar los distintos tipos de respuesta de los sistemas.

En el taller extracurricular las actividades fueron diagramadas teniendo como principal objetivo que los estudiantes tuvieran que interpretar y analizar los contenidos seleccionados (sistemas mecánicos de traslación y circuitos eléctricos lineales) de manera flexible desde la mirada del control y fuera de una asignatura específica, necesitando por lo tanto una alta participación de ellos. La forma de trabajo podía ser individual o grupal independientemente de ésta, siempre que se modeló un sistema (tanto mecánico como eléctrico), durante todas las actividades se analizaron los temas de función transferencia, polos, método de desarrollo en fracciones simples, relación polos y respuesta temporal, Teorema del Valor Inicial y Final, régimen permanente y transitorio y polos responsables en las respuestas permanente y transitoria. Durante el desarrollo de las actividades se buscó: por un lado profundizar e interpretar conceptos a través del análisis de las soluciones analíticas y por otro verificar o no lo obtenido mediante simulación, transformando en esa instancia al Taller en un laboratorio virtual.

#### **4. Resultados**

Es indiscutible que los estudiantes a lo largo de su carrera logran internalizar las herramientas matemáticas y establecer las conexiones entre las distintas disciplinas. Con la propuesta de trabajo llevada a cabo, participativa e interdisciplinar cabe esperar que logren en forma más rápida asimilar que los conocimientos matemáticos sirven para otras asignaturas y que no son un fin en sí mismo, internalizándolos y fijando además las conceptualizaciones propias de las tecnologías. Lo que les permitirá tomar exacta

dimensión de la relación entre el problema físico abordado, el planteo matemático y la solución del problema.

Al resolver situaciones tecnológicas la complejidad de las mismas puede llevar a que el análisis de la solución sea difícil de interpretar y/o visualizar mediante ‘lápiz y papel’. La incorporación de herramientas virtuales de simulación en la propuesta posibilita analizar la validez o no de los resultados analíticos obtenidos como así la interpretación de los mismos. Además en los procesos tecnológicos se suelen analizar soluciones ante variaciones de parámetros que posean algún interés particular, mediante el resultado analítico se puede inferir que ocurrirá ante dichas variaciones. Si se resolviera para cada caso en particular implicaría un tiempo extra de cálculo, y aumentaría la posibilidad de cometer errores. La incorporación de la herramienta de simulación en la propuesta permite que el análisis de los resultados obtenidos resulte una tarea más rápida y confiable. Al ser la propuesta desarrollada durante los primeros años de la carrera los estudiantes comienzan a adquirir capacidades que en un futuro les ayudarán a dar una respuesta global a problemas tecnológicos.

En resumen se espera de los estudiantes, al finalizar la propuesta, internalicen conceptos matemáticos y disciplinares dentro las asignaturas involucradas, que asimilen que los conceptos matemáticos utilizados sirven para resolver procesos tecnológicos, que se validen e interpreten las soluciones analíticas a través de la simulación y se posibilite el análisis de la variación de parámetros particulares y sus implicancias en las respuestas temporales de las variables analizadas.

## **5. Conclusiones**

A través del análisis de algunos indicadores cuantificables obtenidos en las encuestas surge que mediante la simulación se logró una mejor interpretación de los resultados obtenidos a través de desarrollos analíticos. Se logró interpretar la aplicación de la Transformada de Laplace a situaciones problemáticas asociadas a circuitos eléctricos y sistemas mecánicos, realizando una integración vertical entre asignaturas. De los indicadores vinculados con aspectos actitudinales, que se observan en las entrevistas y en los diarios de campo, se pueden destacar la motivación y el interés despertado en los estudiantes al desarrollar las actividades, comportamientos también observables desde la experiencia en el aula.

Los estudiantes ponen en evidencia que la experiencia debería repetirse con otros contenidos matemáticos y con otras asignaturas. Uno de los objetivos trabajados es la integración vertical entre las asignaturas involucradas, la metodología llevada a cabo logró despertar el interés de los estudiantes y también los motivó. La motivación en cualquiera de sus formas es una herramienta extra que permitirá la internalización de conocimientos que lleva a los estudiantes a una integración de los mismos.

En resumen podemos generalizar indicando que después de realizar las actividades, los estudiantes reforzaron y recordaron conocimientos previos descubriendo que los temas tenían una aplicación real pudiéndolos transferir a problemas conocidos y vinculándolos con otros contenidos. Al realizar las simulaciones, las que les posibilitó corroborar las soluciones analíticas, se manifestaron: entretenidos, alegres, conformes, y destacaron la importancia del trabajo grupal pues pudieron intercambiar ideas, comparar opiniones.

Los trabajos grupales que fueron recibidos con agrado por parte de los estudiantes, llevan más tiempo del esperado pero resultan enriquecedores favoreciendo la participación activa entre todos los integrantes. La participación de los estudiantes en las discusiones grupales y en las puestas en común permitió a los docentes y a los estudiantes seguir el proceso de aprendizaje. Se cambió el rol docente de transmisor del conocimiento por el de facilitador y orientador del proceso de aprendizaje utilizando el software de simulación como instrumento mediador.

### **Bibliografía**

- Entwistle, N.; Waterston, S. (1988). Approaches to study and levels of processing in university students, *British Journal of Educational Psychology*, 58: 258-265.
- Ojeda, M.; Alcalá, M. (2004). La enseñanza en las aulas universitarias. Una mirada desde las cátedras: aspectos curriculares que inciden en las prácticas pedagógicas de los equipos docentes, *Revista Iberoamericana de Educación*, 34: 1.  
Disponible en: [http://www.rieoei.org/inv\\_edu35.htm](http://www.rieoei.org/inv_edu35.htm)
- Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión?. La enseñanza para la comprensión. Stone Wiske, M. Ed. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Sancho Gil, J. (2001). Docencia e investigación en la universidad: una profesión, dos mundos. *Educación- Universidad Autónoma Barcelona*, 28: 41-60.  
Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/educar/0211819Xn28p41.pdf>
- Santos Trigo, M. (2008). La Resolución de Problemas Matemáticos: Avances y Perspectiva en la Construcción de una Agenda de Investigación y Práctica, *Investigación en Educación Matemática XII*. Disponible en: <http://www.seiem.es/publicaciones/archivospublicaciones/actas/Actas12SEIEM/Seminario2SantosTrigo.pdf>
- Taylor, S. J. y R. Bogdan R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de Investigación. 2da. Edición, Paidós.



## **14TCE - LA PROBLEMÁTICA DE LA DESERCIÓN EN LOS PRIMEROS AÑOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA**

**LARROSA, M.; GIULIANO, M.; AGÜERO, M.; MARTINEZ, A.**

**Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de la Matanza. Florencio Varela 1903, San Justo. Argentina**  
**[mgiuliano@ing.unlam.edu.ar](mailto:mgiuliano@ing.unlam.edu.ar)**

### **Resumen**

Con el objeto de entender y reducir la deserción y el abandono de los estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional de La Matanza, se está implementando un programa de Control de Asistencia Para Primeros Años (CAPPA), que consta del seguimiento individualizado de los alumnos, junto con un pormenorizado seguimiento de su rendimiento académico. Este seguimiento permite identificar estudiantes con riesgo de abandono en las distintas asignaturas, y la posible intervención de Docentes Asistentes y Tutores de Ingeniería, con el fin de minimizar el porcentaje de desgranamiento en el alumnado en estas instancias. A partir de análisis cualitativos y cuantitativos de la base de datos CAPPA en los últimos cuatrimestres se obtuvieron resultados preliminares que aquí se analizan. Se establecieron relaciones entre distintas variables observadas, analizando las causas de abandono relatadas por los estudiantes. Estas causas fueron evaluadas con los factores de abandono reseñados en la bibliografía de referencia. Entre las causas se destacan la falta de conocimientos mínimos en instancias preuniversitarias y la problemática socio económico de los estudiantes. Además se identificaron como factores recurrentes algunos relativos a “compromisos externos” y a la “experiencia institucional”.

### **1. Introducción**

La deserción y el desgranamiento del alumnado en los primeros años se encuentra como la principal problemática que afrontan las instituciones de educación superior, especialmente las Universidades de muchos países, por lo complejo de los factores que se encuentran involucrados. La repercusión social, institucional y personal que genera esta situación, lleva al estudiante a una situación de autodiscriminación y marginalidad. En la Argentina, gracias a la obligatoriedad de la escuela secundaria y la gratuidad de la universidad de gestión estatal, se facilita el acceso de grupos sociales desfavorecidos al ámbito académico. A pesar de ello, según la visión de los docentes, estos estudiantes no cuentan con los conocimientos académicos previos necesarios para la permanencia en la educación superior.

En el camino de encontrar una solución, la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), creada en 1989, constituye una institución que sirviendo a los intereses de la sociedad y del país, intenta crear una serie de actividades para contrarrestar esta tendencia. En particular, el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), desde el año 2011 releva información utilizando un sistema de Control de Asistencia Para Primeros Años (CAPPA), que permite realizar un seguimiento de los estudiantes en las asignaturas del Ciclo General de Materias Básicas (CGMB), común a todas las carreras.

El programa CAPPa se articula con el programa de Tutorías, que desde un eje pedagógico, analiza en paralelo tanto las cuestiones académicas y personales de los estudiantes, realizando un abordaje de la persona como estudiante. El seguimiento del rendimiento académico de los estudiantes a través de CAPPa genera una base de datos con mucha información sobre la continuidad en la trayectoria académica y las razones del posible abandono de las materias involucradas en el seguimiento. Además, se analiza la percepción docente acerca de este tema, habida cuenta del rol fundamental de los mismos en la posible solución a esta problemática.

## **2. Objetivos**

Las investigaciones sobre la deserción estudiantil en la educación superior muestran estar asociado a diversos factores explicativos. En la revisión bibliográfica sobre el rendimiento y la deserción universitaria se destaca la perspectiva que propone un modelo teórico que considera las siguientes etapas (Tinto, 1987):

- E1) Atributos previos al ingreso (antecedentes familiares, características individuales, escolaridad previa del alumno).
- E2) Metas y compromisos del estudiante (relacionados con sus propias aspiraciones académicas y con compromisos con la institución y con el exterior).
- E3) Experiencias en el ámbito académico (rendimiento e interacción con el cuerpo docente) y experiencias en el ámbito social (interacción con los pares y participación en actividades extracurriculares).
- E4) Integración social y académica (relacionada con las experiencias vividas en la etapa anterior).
- E5) Metas y compromisos con la institución y con la educación (relacionadas con el grado de integración que el estudiante alcanzó en el nivel anterior y los compromisos externos).

Este enfoque enfatiza los procesos sociales que viven los estudiantes tras su pasaje por la institución universitaria, distinguiendo así entre distintos tipos de abandono (Tinto, 1987). Diferencia lo que denomina la exclusión académica de la deserción voluntaria. La primera tiene que ver con el abandono que sucede por factores académicos y la segunda por otros elementos que responden a una inadecuada integración social del estudiante al medio universitario.

Sobre este mismo tema, el éxito de los alumnos en la universidad está en buena medida determinado por las experiencias del primer año (Ezcurra, 2005). Los estudiantes de primer ingreso son novatos que, usualmente, tienen poca idea de qué esperar y escasa comprensión sobre cómo puede afectar a sus vidas el ambiente universitario. Por ello se configuraría una transición, un proceso y un periodo de ajuste, pero a un mundo universitario nuevo y en ocasiones por completo desconocido que suele acarrear grandes dificultades muy grandes.

En EE.UU. y hasta los '70s, primó una perspectiva causal centrada en los alumnos, esto es, la permanencia y la deserción reflejarían atributos individuales, habilidades y motivaciones personales (Tinto, 2005). Se ponía el acento en los estudiantes y no en las instituciones, culpando a la víctima. En estudios siguientes se realzó el papel causal de los establecimientos, de su sistema académico y social, sobre todo en el primer año y en los alumnos de ingresos y preparación académica.

Las investigaciones encontradas identifican diversas causas para el desgranamiento universitario y la deserción. También se mencionan trabajos enfocados en la detección de los factores que afectan al desempeño académico de los alumnos para buscar estrategias que puedan incidir positivamente en el grado de avance en la carrera universitaria (Ezcurra, 2005). Entre estos factores podemos encontrar los estilos de aprendizaje, la formación previa al ingreso a la universidad, la dedicación al estudio, etc. Otras investigaciones concluyen que la deserción y desgranamiento son situaciones vinculadas con circunstancias personales, cuestiones de género y características socio-económicas de los estudiantes. Algunos de los motivos relacionadas con estas cuestiones son: lugar de residencia, nivel de ingreso, nivel educativo de los padres de familia, la necesidad de trabajar para mantenerse, etc.

### **3. Metodología**

El programa de Control de Asistencia Para Primeros Años (CAPPA) permite relevar los avances de los estudiantes en las asignaturas de primero y segundo año del plan de estudio. Las asignaturas se seleccionaron entre las del Ciclo general de materias básicas y son comunes a todas las carreras de ingeniería del DIIT. Corresponden a 1er año las asignaturas: Análisis Matemático I, Elementos de Programación, Sistemas de Representación, TIS Social, Álgebra, Discreta, Química y Fundamentos de TIC; a 2do año corresponden: Física I, Álgebra II, Análisis Matemático II y Física II.

Cada asignatura cuenta con un docente al que se denomina “Docente Asistente” quién recopila el relevamiento de asistencia de todos los cursos de la asignatura y luego identifica aquellos casos donde los alumnos estuvieron ausentes en por lo menos dos clases consecutivas, para luego contactarse con dichos alumnos vía mail o en forma telefónica. De dicho contacto se evaluaban los posibles motivos de abandono, si el caso fuera efectivamente el abandono del alumno o la necesidad de derivar al alumno al equipo de tutores.

Para la mejor organización del trabajo de los docentes asistentes se diseñó una aplicación de base de datos CAPPA desarrollada con el programa Access de Microsoft®. Allí se recopilan los datos personales de los alumnos (edad, teléfono, mail, dirección) y los contactos del docente asistente con dicho alumno, además del resultado académico de la cursada de cada asignatura.

La base de datos CAPPA es la que se utiliza para los análisis aquí presentados. Se consideran los estudiantes inscriptos en asignaturas de 1er y 2do año en tres cuatrimestres consecutivos, 2º de 2011 y 1er y 2º de 2012. El número total de estudiantes de la muestra es de 3119, quienes realizaron 7023 inscripciones en por lo menos una de las asignaturas consideradas en el periodo de análisis. En el primer cuatrimestre de cada año los alumnos de la cohorte correspondiente a dicho año son inscriptos automáticamente en cuatro materias, mientras los cuatrimestres subsiguientes los estudiantes deciden en cuántas y cuáles asignaturas inscribirse.

Sobre las causas de abandono de la cursada de las asignaturas no se cuenta con la información textual del relato de todos los estudiantes. Los docentes asistentes utilizaron diferentes metodologías para el relevamiento (mail, mensaje de texto, llamada telefónica) y se analizaron sólo los casos disponibles al momento, comparando las citas textuales con el marco teórico.

Según la perspectiva docente, tanto la actividad de CAPPA como la del equipo de Tutores del DIIT, todavía no logra un impacto notable, a pesar que lentamente empiezan

a aparecer algunos signos que evidencian cierto aire de concientización del plantel docente acerca de la importancia de toda la actividad realizada con el fin de mejorar la performance de los estudiantes, objeto de esta investigación.

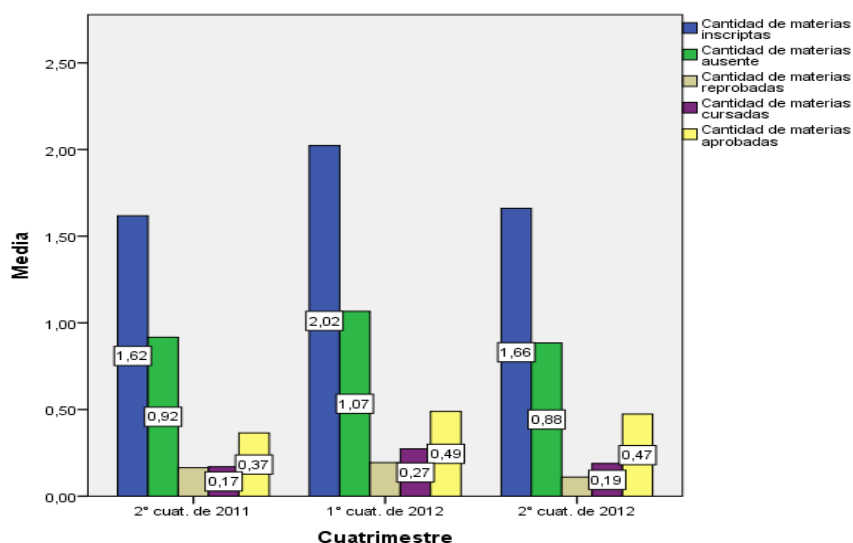
#### 4. Resultados

Consideradas las inscripciones en el periodo evaluado de estudiantes en asignaturas de 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> año, en la Tabla 1 se observa la distribución según cantidad de asignaturas a las que se inscribieron. Se observa que aproximadamente un tercio se inscribe en dos de las asignaturas por cuatrimestre, la tendencia se repite en los tres cuatrimestre aunque se observa una mayor dispersión en el primero de 2012.

	2do cuatrimestre 2011		1er cuatrimestre 2012		2do cuatrimestre 2012	
<i>Cantidad de asignaturas inscriptas</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<b>1</b>	526	23,8	578	23	595	25,9
<b>2</b>	843	38,2	766	30,4	861	37,4
<b>3</b>	531	24,1	497	19,8	535	23,3
<b>4</b>	298	13,5	670	26,6	294	12,8
<b>5</b>	8	0,4	4	0,2	13	0,6
<b>6</b>	1	0	1	0	1	0
<b>7</b>	0	0	0	0	1	0
<b>Total</b>	<b>2207</b>	<b>100</b>	<b>2516</b>	<b>100</b>	<b>2300</b>	<b>100</b>

**TABLA 1.** Distribución Inscripción Estudiantil (frecuencia y porcentaje) en asignaturas de primeros y segundos años, en cuatrimestres subsiguientes 2011/12. Fuente propia.

La figura 1 permite comparar la cantidad promedio de asignaturas inscriptas considerando la condición final obtenida en cada una (cursada, aprobada, ausente, reprobada). Esta comparación se realizó con los promedios en cada cuatrimestre, observando una tendencia similar en cada uno de ellos, a pesar de la mayor inscripción promedio en el primero. Los promedios de cantidad de asignaturas inscriptas en el período analizado fueron: 1,62 en el 2º cuatrimestre de 2011, 2,02 en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre de 2012 y 1,66 en el 2º cuatrimestre de 2012. La cantidad de materias ausentes en promedio representa, aproximadamente la mitad de los inscriptos y la de los aprobados la cuarta parte, mientras que las condiciones cursada y reprobada tienen promedios similares y aún menores.



**FIGURA 1.** Promedio de cantidad de materias de inscripción estudiantil en primeros años y condición final obtenida en cuatrimestres subsiguientes 2011/12. Fuente propia.

En cuanto a la cantidad de inscripciones por asignatura se advierte una gran diferencia entre las asignaturas de primero y segundo año, con valores promedios de 1835 y 462 respectivamente. La Tabla 2 muestra que las asignaturas del área de matemática (Análisis Matemático I, Álgebra y Discreta) correspondientes al primer año tienen un porcentaje de aprobación entre 23 % y 35%. La materia con mayor porcentaje de aprobados fue Sistemas de Representación (67,96%), y también fue la que menos ausentes y reprobados tuvo, 31,96% y 0,08% respectivamente. Se destaca en tabla un alto porcentaje de ausentes en la mayoría de las materias superior al 50%.

<i>Asignatura</i>	<i>Inscriptos</i>	<i>Aprobados/Cursados</i>		<i>Ausentes</i>		<i>Reprobados</i>	
	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
<b>Análisis Matemático I</b>	2380	544	22,86	1574	66,13	263	11,05
<b>Elementos de Programación</b>	1725	584	33,86	1025	59,42	116	6,72
<b>Sistemas de Representación</b>	1314	893	67,96	420	31,96	1	0,08
<b>TIS Social</b>	1137	708	62,27	394	34,65	35	3,08
<b>Álgebra</b>	1930	674	34,92	995	51,55	261	13,52
<b>Discreta</b>	2261	690	30,52	1346	59,53	225	9,95
<b>Química</b>	2322	667	28,73	1333	57,41	322	13,87
<b>TIC Fundamentos</b>	1609	618	38,41	809	50,28	182	11,31
<b>Física I</b>	514	155	30,16	342	66,54	16	3,11
<b>Álgebra II</b>	683	292	42,75	352	51,54	32	4,69
<b>Análisis Matemático II</b>	475	205	43,16	261	54,95	9	1,89
<b>Física II</b>	174	79	45,4	86	49,42	9	5,17

**TABLA 2.** Distribución de las inscripciones y condición de aprobación de los alumnos por asignatura

La cohorte 2011 tuvo un total de 720 alumnos inscriptos, los cuales se redujeron en un 3% al inscribirse en el siguiente cuatrimestre y un aproximadamente un 15% en 2012, como se observa en la Tabla 3. Esto muestra una tendencia positiva de permanencia en la universidad en los cuatrimestres contiguos.

	Frecuencia	Porcentaje
1° cuat. de 2011	720	100,00%
2° cuat. de 2011	700	97,22%
1° cuat. de 2012	591	82,08%
2° cuat. de 2012	558	77,5%

**TABLA 3.** Seguimiento de reinscripciones de los alumnos de la cohorte 2011. Fuente propia

En la Tabla 4 se observa la cantidad de veces que los alumnos de la cohorte 2011 se inscribieron en las diferentes materias de 1<sup>er</sup> año. Los alumnos contabilizados en cero en cantidad de cuatrimestre son los que aprobaron la materia en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre de 2011 o no cursaron en el período analizado. Las asignaturas Sistemas de Representación y TIS Social fueron las que menores reinscripciones tuvieron. Análisis Matemático 1, Discreta y TIC Fundamentos fueron las asignaturas que tuvieron la mayor de cantidad de alumnos que se inscribieron en los 3 cuatrimestres.

Cant. de cuatrines-tres inscriptos	Análisis Matemático I	Elementos de Programación	Sistemas de Representación	TIS Social	Álgebra I	Discreta	Química	TIC Fundamentos
0*	246	230	338	382	277	297	314	341
1	279	357	353	293	323	272	275	263
2	171	114	25	41	103	125	119	89
3	24	19	4	4	17	26	12	27
<b>Total</b>	720	720	720	720	720	720	720	720

**TABLA 4.** Evolución de inscripción y reinscripción estudiantil -cohorte 2011- en asignaturas de primeros años por cuatrimestres subsiguientes 2011/12. Fuente propia

\*El cero en cantidad de cuatrimestre puede indicar que aprobaron la materia en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre de 2011 o no cursaron en el periodo analizado.

Los docentes asistentes de cada asignatura contactan a los estudiantes con dos o más inasistencias consecutivas con la intención de intervenir ante el posible abandono de la carrera. La deserción de las materias, depende de las características propias de cada una aunque en general se distinguen tres momentos críticos del cuatrimestre:

- Al inicio: en la 3ra semana desde el inicio del cuatrimestre y antes del primer parcial;
- Mediando: luego del primer parcial;
- Finalizando: antes de la finalización del cuatrimestre, antes del 2do parcial.

En la tabla 5 se puede apreciar la diferenciación por materia y cuatrimestre de dichos momentos.

	2do cuatrimestre 2011			1er cuatrimestre 2012			2do cuatrimestre 2012		
Asignaturas	Inicio	Medio	Final	Inicio	Medio	Final	Inicio	Medio	Final
Análisis Matemático I	19	87	214	10	98	74	12	87	183
Elementos de Programación	41	61	59	30	30	153	22	54	212
Sistemas de Representación	11	26	22	41	65	19	23	65	121
Tecnología, Ingeniería y Sociedad	7	25	42	10	42	64	0	42	36
Álgebra y Geometría Analítica I	24	58	107	48	21	127	7	27	166
Matemática Discreta	27	39	22	50	107	23	43	92	118
Química General	29	43	109	63	69	172	58	79	209
Fundamentos de TIC's	13	62	152	5	47	206	12	33	122
<b>Total</b>	171	401	727	257	479	838	177	479	1167

**TABLA 5.** Distribución de la deserción por materia en los momentos críticos de cada cuatrimestre 2011/2012.

Las causas de abandono que relatan los estudiantes se diferencian según el momento del cuatrimestre en que abandonan la cursada de las distintas asignaturas. Los motivos económicos relacionados con cuestiones laborales atraviesan los tres momentos analizados.

En general la mayor deserción se da luego del primer parcial, mediando el cuatrimestre y en las asignaturas del área de matemáticas. En el primer parcial muchos alumnos parecen tomar conciencia que no estaban preparados o que no le dedicaron el tiempo suficiente y que con asistir a clases no alcanza. Según los resultados en los parciales algunos alumnos toman decisiones de cuales materias seguir cursando y cuales abandonar en función del tiempo que les demanda.

Al inicio del cuatrimestre, alrededor de la 3ra semana, se presenta un momento clave para los estudiantes con mayores dificultades para adaptarse a las exigencias académicas del nivel universitario. Algunos advierten que no les gusta la carrera elegida y se replantean su vocación o metas laborales. El manejo del tiempo se vuelve crucial y muchos no saben administrarlo de manera de cumplir con los objetivos que les plantea el diseño curricular pero tampoco advierten la necesidad de plantear sus propios objetivos de acuerdo a sus disponibilidades de tiempo y sus propias necesidades. Otros se sienten frustrados porque no comprenden al profesor o no se sienten preparados para seguir las clases; los docentes ven a estos alumnos con bajos conocimientos previos necesarios para afrontar las cursadas respectivas.

En el primer cuatrimestre de cada año los alumnos de la cohorte correspondiente a dicho año son inscriptos automáticamente a cuatro materias. Esto facilita la inserción de los estudiantes al ámbito universitario pero crea dificultades en aquellos que desconocen las “reglas de juego”, por ejemplo desconocen la flexibilidad propia del nivel para elegir qué materias cursar y cuáles no, algunos no saben que pueden dejar una materia en beneficio de las otras.

Finalizando el cuatrimestre los estudiantes relatan causas puntuales como razones de abandono de las asignaturas. Por ejemplo problemas laborales (cambios de horarios,

viajes) o problemas personales como enfermedades en la familia. También se advierten decisiones estratégicas como postergar la cursada de una materia en busca de promocionar otra.

Los resultados muestran relación con las etapas identificadas por la bibliografía de referencia (Tinto, 2005). Se observa en nuestros estudiantes una alta incidencia de “compromisos externos” asociados a ocupaciones laborales y familiares. Además se destaca, en cuanto a la “experiencia institucional”, el efecto del bajo “rendimiento académico” reflejado en las notas de los primeros parciales y en el aumento de abandono luego de dicha instancia. Los relatos de los estudiantes evidencian sus frustraciones y limitaciones asociadas a necesidades económicas y problemas laborales que interfieren en la continuidad de sus estudios (Giuliano et al, 2014).

## **Conclusión**

En el estudio realizado se advierte una alta incidencia de la cantidad de ausentes en las distintas asignaturas y también una alta reinscripción, lo que ayuda a la permanencia en el sistema universitario. Sin embargo la gran diferencia entre la cantidad de inscriptos en materias de primer y segundo año, son indicios de la baja eficiencia del sistema, los alumnos no avanzan en la carrera aunque se logró que no abandonaran.

Los análisis generales muestran la mayor cantidad de inscripciones en 1<sup>er</sup> cuatrimestre y la mayor dificultad en las materias del área de matemáticas

Muchas trayectorias académicas se encuentran atravesadas por la necesidad de trabajar de los alumnos y de las complicaciones que esto puede traer a su vida estudiantil. Se dice que la dedicación al trabajo puede resultar un motivo de abandono de la carrera universitaria o un motivo para abandonar una materia. Según cuentan algunos alumnos, los compromisos laborales les impiden cumplir con la asistencia a clases y les ocupan parte del tiempo que podrían dedicar al estudio de todas las materias en las que están inscriptos. Sumado a estos inconvenientes, en ciertos casos surge otra dificultad más para superar: la falta de habilidades para administrar el tiempo.

Junto a las dificultades relacionadas con lo laboral, aparece entre los relatos el agotamiento que genera la rutina diaria en los estudiantes que trabajan, las largas distancias que deben recorrer desde el trabajo a la universidad, la imposibilidad de asistir a clases de apoyo mayoritariamente en horarios diurnos.

Coincidimos con la bibliografía (Ezcurra, 2005) en la importancia de la detección de los factores que afectan al desempeño académico de los alumnos para buscar estrategias que puedan incidir positivamente en el grado de avance en la carrera universitaria. Entre estos factores destacamos los estilos de aprendizaje y el tiempo de dedicación al estudio. Hemos encontrado que los alumnos relatan reiteradamente situaciones vinculadas con circunstancias personales, relacionadas muchas veces con la necesidad de trabajar para mantenerse y con cuestiones familiares.

Creemos necesario en nuestra institución la necesidad de cambios en los datos requeridos al estudiante al momento de la inscripción y seguimiento de los estudiantes que permitan identificar mejor los factores de deserción.



## **Agradecimientos**

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto PROINCE C143- DIIT- UNLaM

## **Bibliografía**

Ezcurra, A. (2005). Diagnóstico preliminar de las dificultades de los alumnos de primer ingreso a la educación superior. *Perfiles Educativos* Vol. XXVII, núm. 107, pp. 118-133.

Giuliano, M.; Edwards Molina, D.; Larrosa, M.; Agüero, M. (2014). Factores que inciden en la deserción en asignaturas de los primeros años de ingeniería. Cuartas Jornadas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico – Tecnológicas que se realizaron en Rosario, entre el 14 y el 16 de mayo de 2014.

Mekler, V. (2012). Informe general. Seguimiento de los alumnos inscriptos en materias de primer año. Equipo de Tutores del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM.

Tinto V. (1989). Definir la deserción: una cuestión de perspectiva. *Revista de la Educación Superior*, v.18, n.71.

Tinto, V. (2005). *Moving from Theory to Action in College Student Retention: Formula for Student Success*. (A. Seidman, ed.), Westport: Greenwood Publishing.

Tinto V. (2006). Research and practice of student retention: what is next? *Journal of college student retention*, v.8, n.1, 1-19.

Viel, P. (2007). La función tutorial de la Universidad. VII Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. Universidad Nacional de Mar del Plata, 29 de Noviembre al 1ro. de diciembre. 2007.

Viel, P; Donadello, D; Pafundi, F.; Mekler, V.; Theuler, S. (2010). Camino a la Institucionalización. 1er Congreso Argentino de Sistemas de Tutorías. 16 y 17 de Septiembre de 2010 Oberá, Misiones – Argentina.  
[http://www.redapu.com/uploads/misc/P\\_131\\_Ponencia\\_Viel.pdf](http://www.redapu.com/uploads/misc/P_131_Ponencia_Viel.pdf)

## 15TCE - ENFOQUE ALTERNATIVO DE UNA SIMULACIÓN EDUCATIVA EN UN AMBIENTE VIRTUAL 3D COLABORATIVO

LIZARRALDE, F. A.; HUAPAYA, C. R.

**Grupo I.A.A.I. (Inteligencia Artificial Aplicada a Ingeniería)**

**Departamento de Matemáticas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.**

**francisco.lizarralde@gmail.com**

### **Resumen**

Es frecuente observar que los estudiantes de Ingeniería experimenten cierta dificultad para comprender y modelar sistemas dinámicos, pues perciben a los conceptos subyacentes como un conjunto de fórmulas abstractas disociadas del sistema físico representado. En este contexto, las simulaciones de diversos fenómenos en entornos virtuales 3D se plantean como una herramienta adecuada para vincular dichos fenómenos con sus modelos matemáticos. Por otra parte, si estos entornos poseen las herramientas de programación adecuadas, es posible modelar dichos fenómenos utilizando una semántica propia del contexto del problema, lo que ayuda comprender mejor las características del fenómeno de estudio. En este sentido, el problema de los tres cuerpos resulta particularmente interesante, ya que el mismo no posee una solución analítica general. En el presente trabajo se presenta un enfoque alternativo de la implementación de una simulación en el entorno virtual 3D *OpenCobalt*. Este entorno, que está íntegramente programado en *Smalltalk*, un lenguaje de programación orientado a objetos puro, permite la creación de objetos virtuales que poseen un comportamiento similar a sus equivalentes reales logrando así una correspondencia más natural entre el modelo y el fenómeno físico representado. Otro aspecto contemplado ha sido el de mantener un reducido acoplamiento entre el modelo y el motor de cálculo implementado para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales. Esta separación, si bien agrega cierta sobrecarga de procesamiento debido al incremento de mensajes, brinda una gran flexibilidad y permite a la vez una mejor comprensión tanto del problema planteado como de su resolución.

### **1. Introducción**

La comprensión del ser humano acerca del mundo real está fuertemente influenciada por la naturaleza tridimensional del espacio que habita. Y es precisamente esta experiencia cotidiana la que le permite predecir el comportamiento ciertos fenómenos de una manera aparentemente natural e intuitiva.

En la práctica docente en carreras de Ingeniería resulta frecuente observar que los estudiantes experimenten cierta dificultad para comprender y modelar sistemas dinámicos, pues perciben a los conceptos subyacentes como un conjunto de fórmulas abstractas disociadas del sistema físico representado (Kypuros y Connolly, 2005). Por otra parte, en los últimos años, los Ambientes Virtuales de Aprendizaje han facilitado enormemente el acceso de los alumnos a diversos temas, ya sea en la modalidad de cursos de educación a distancia, blended-learning o de e-learning con mecanismos de evaluación automática y asistencia personalizada (Soler, J. et al, 2012).

En este contexto, las simulaciones de diversos fenómenos en entornos virtuales 3D se plantean como una herramienta adecuada para vincular dichos fenómenos con sus modelos matemáticos. Ya que es precisamente la naturaleza tridimensional de los mundos virtuales, la que nos remite a nuestra experiencia cotidiana, brindándonos la posibilidad de asimilar cierta clase de contenidos de una forma más asequible.

## 2. Objetivos

En el ámbito de la Ingeniería existe una innumerable cantidad de fenómenos interesantes para simular y analizar su comportamiento en condiciones diversas, tanto a una escala microscópica como astronómica. En nuestro caso en particular se optó por implementar una simulación del problema de los tres cuerpos, teniendo en cuenta que:

- Se trata de un fenómeno de atracción gravitacional y por lo tanto no es fácilmente reproducible en forma práctica en el laboratorio.
- No posee solución analítica general.
- Su solución permite una representación natural en un espacio 3D.
- Presenta casos particulares de trayectorias muy interesantes para analizar.

Además, la solución numérica del sistema de ecuaciones diferenciales resultante plantea interesantes cuestiones para analizar desde el punto de vista de los métodos numéricos utilizados, en cuanto a precisión, estabilidad, cantidad de operaciones involucradas, etc. Por esta razón se decidió además, mantener completamente separados el modelo, de los métodos numéricos de resolución, como una manera de facilitar la sustitución de un método numérico por otro y la reutilización de los mismos en la resolución de otros problemas similares.

## 3. Metodología

El problema de los tres cuerpos (Wild, 1980), cuya solución determina la posición y velocidad en cada instante de tres cuerpos que interactúan gravitacionalmente entre sí, es un ejemplo particularmente interesante para desarrollar una simulación educativa en un ambiente virtual 3D, pues se trata de un problema que no posee una solución analítica general, siendo además su solución, fuertemente dependiente de las condiciones iniciales.

Si aplicamos la segunda Ley de Newton a cada uno de los cuerpos del sistema, obtenemos un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden, cuya forma general compacta se aprecia a continuación.

$$m_i \cdot \frac{d^2 q_i}{dt^2} = - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{G \cdot m_i \cdot m_j \cdot (q_j - q_i)}{\|q_j - q_i\|^3} \quad (1)$$

Para resolver numéricamente dicho sistema, es necesario transformar cada ecuación de segundo orden en dos ecuaciones de primer orden. Y como la posición, la velocidad y la aceleración de cada cuerpo poseen tres componentes, debido a que los mismos interactúan en un espacio tridimensional, esto determina finalmente un sistema de 18 ecuaciones diferenciales. Es decir, en este caso en particular, se necesita resolver

simultáneamente 6 ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, para cada cuerpo.

$$\frac{dx_i}{dt} = vx_i \quad (2)$$

$$\frac{dvx_i}{dt} = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{G \cdot m_j \cdot (x_j - x_i)}{\left[ (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right]^{3/2}} \quad (3)$$

$$\frac{dy_i}{dt} = vy_i \quad (4)$$

$$\frac{dvy_i}{dt} = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{G \cdot m_j \cdot (y_j - y_i)}{\left[ (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right]^{3/2}} \quad (5)$$

$$\frac{dz_i}{dt} = vz_i \quad (6)$$

$$\frac{dvz_i}{dt} = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{G \cdot m_j \cdot (z_j - z_i)}{\left[ (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right]^{3/2}} \quad (7)$$

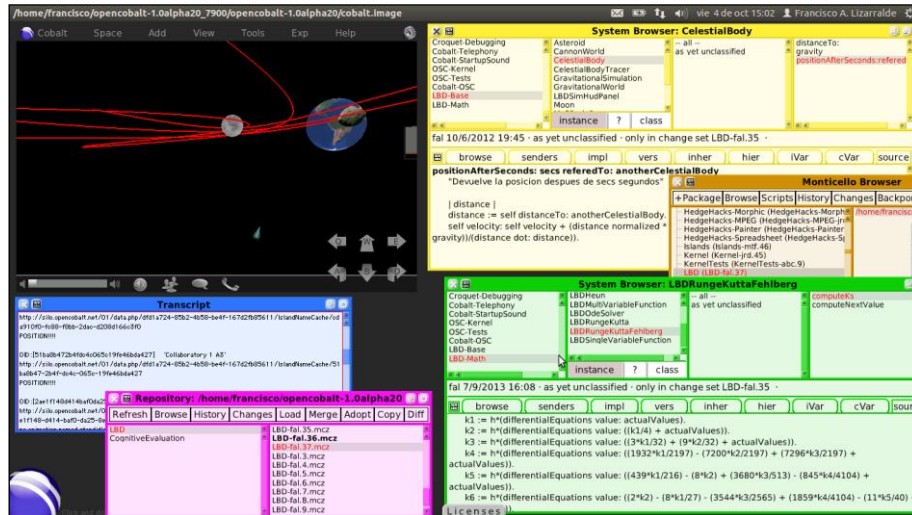
Inicialmente se desarrolló un esquema tradicional para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales planteado. El mismo consistió en crear una clase abstracta *DifferentialEquationSystem* para encapsular el comportamiento genérico de un sistema de ecuaciones diferenciales, de la cual heredan las diferentes clases concretas cuya función es la de calcular, en cada iteración, los valores de un sistema de ecuaciones en particular.

Por otra parte, se creó una clase abstracta *ODESolver* que es la encargada de fijar un protocolo común para los métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales. A partir de esta clase abstracta se crearon las clases concretas *Euler*, *Heun*, *RungeKutta* y *RungeKuttaFehlberg*, que son las encargadas de realizar las operaciones propias de cada uno de los métodos numéricos (Cheney y Kincaid, 2011). Este esquema permite una gran flexibilidad, ya que de esta forma es posible correr la simulación con un método u otro, de forma tal de evaluar las ventajas y desventajas de cada uno.

Ahora bien, como *OpenCobalt* (OC, 2010) es un ambiente virtual 3D colaborativo programado íntegramente en *Squeak* (Black, A. et al., 2007), una versión moderna de *Smalltalk*, esto nos permite aprovechar las ventajas de un lenguaje de programación orientada a objetos puro, y en consecuencia implementar la simulación de una forma diferente, con el objetivo de:

- Programar el modelo utilizando la semántica propia del problema.
- Distribuir las responsabilidades entre los objetos que componen el modelo.
- Adaptar la implementación de los métodos numéricos para operar en forma transparente con diversas fuentes de datos.

Puesto que se trata de una simulación con propósitos educativos, una de las prioridades del diseño fue que la semántica propia del modelo fuera lo más explícita posible. Como consecuencia de esto, en lugar de concentrar el sistema de ecuaciones diferenciales en una clase única, como en el esquema tradicional, se delegó parte de las responsabilidades de cálculo en los objetos propios del modelo.



**FIGURA 1.** Vista de la simulación corriendo en el espacio virtual 3D (en modo programación) y de las herramientas del Entorno Integrado de Programación.

Otro objetivo importante era poder interactuar en forma directa con el modelo en tiempo de ejecución, es decir, poder modificar el código de la simulación y observar cualquier cambio en forma instantánea. Esto es posible debido a que *Smalltalk* no requiere del tradicional ciclo de edición-compilación-ejecución de otros lenguajes y a que las herramientas de programación y análisis de ejecución (debugging) en tiempo real, propias de *Smalltalk*, están integradas al ambiente, como se aprecia en la Figura 1.

#### 4. Resultados

En el esquema de resolución tradicional los resultados de la evaluación del sistema de ecuaciones diferenciales suelen agruparse en un arreglo de números en punto flotante (Floats) y estos valores son procesados por el método numérico elegido, que hereda de *ODESolver* e implementa cada algoritmo en particular. De esta forma, modelo y algoritmo de resolución quedan prácticamente desacoplados.

Una de las consecuencias de delegar parte de las responsabilidades de cálculo en los objetos propios del modelo es la simplificación de los cálculos, al aprovechar la forma natural en que estos objetos manejan sus valores actuales (velocidad, aceleración, etc.).

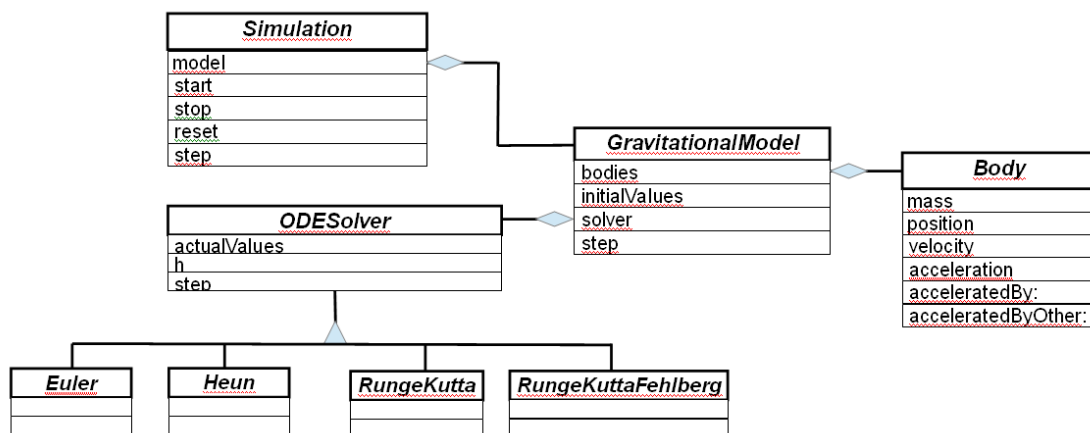
##### **acceleratedByOther: bodies**

"Calcula la aceleración del cuerpo debida a la atracción de los otros cuerpos"

```
self acceleration: ( (bodies reject: [:each | each == self])
    inject: (Vector3 x:0 y:0 z:0)
    into: [:accel :anotherBody | accel := accel + (self acceleratedBy:
        anotherBody)] )*(self gravitationalConstant)
```

Por ejemplo, en el código anterior, se aprecia que cada cuerpo del modelo es capaz de calcular su propia aceleración debida a la acción gravitatoria de los cuerpos que lo rodean. En este contexto, observamos que resulta muy conveniente representar a la aceleración o la velocidad por medio de objetos que posean las propiedades matemáticas de las magnitudes vectoriales. Por esta razón, en lugar de realizar los cálculos para cada componente por separado, como en la versión tradicional, se optó por reimplementar los métodos numéricos, teniendo en cuenta este aspecto.

Para ello se creó una nueva clase denominada *MiscArray*, que representa un arreglo de elementos de naturaleza vectorial o no, y se implementaron en la misma todas las operaciones matemáticas necesarias para su aplicación en los métodos numéricos. Estas operaciones son posteriormente delegadas en sus componentes, quienes determinan el cálculo a realizar por medio de la técnica conocida como “*doble envío*” (*double dispatch*) (Besset, 2000).



**FIGURA 2.** Diagrama de Clases simplificado.

Es preciso recordar que *Open Cobalt* es un entorno 3D descentralizado, por consiguiente los equipos en los que se ejecuta la simulación están interconectados en una red de pares (*Peer to Peer*) (Chun-Hong H. y Ming Z., 2008), esto significa que no existe un servidor central que administre el flujo de información entre los mismos, sino que cada nodo es a la vez cliente y servidor. En el caso de una simulación, es preciso que la misma se ejecute de manera consistente en todos los nodos. Esto se logra gracias a que *OpenCobalt* utiliza una arquitectura basada en el concepto de replicación de cálculo en lugar del enfoque más tradicional de replicación de datos (McGeer et al., 2006). Esto significa, que la simulación no se ejecuta en un nodo en particular y luego se envían las imágenes resultantes a los demás, sino que lo que se envía es el código a ejecutar, el cuál se procesa localmente en cada nodo. Por lo tanto, si bien es posible que los resultados no se observen en todos los nodos en forma simultánea, ya que pueden estar conectados equipos de diferente potencia, la secuencia de cálculo y los resultados serán los mismos en todos ellos.

En las pruebas realizadas sobre un reducido número de nodos interconectados en una LAN (Local Area Network) se observó un excelente desempeño y en la mayoría de los casos, su visualización resultó prácticamente simultánea. En la Figura 3 se observan dos equipos conectados por WiFi, sus respectivos usuarios, representados por sus *Avatars*,

(Stephenson, N., 1992) comparten el mismo espacio 3D y cada uno interactúa con la simulación, desde su propia perspectiva.



**FIGURA 3.** Simulación corriendo simultáneamente en dos nodos interconectados

En el equipo de la izquierda se observa como uno de los cuerpos (asteroide) se aproxima de frente al usuario representado por el avatar verde, mientras que desde la perspectiva del otro usuario, dicho cuerpo se aleja hacia su izquierda.

## 5. Conclusiones

La transformación de un conjunto de ecuaciones diferenciales en un modelo fuertemente vinculado con la semántica del modelo ayuda a disminuir la brecha que se percibe entre conceptos abstractos y problemas concretos.

La separación del modelo de los métodos numéricos aplicados en la simulación permite un abordaje tanto desde el punto de vista del fenómeno físico como de aquellos aspectos más relacionados con el análisis numérico, y profundizar en cuestiones tales como la precisión, la estabilidad, el error acumulado, etc.

En este sentido, las simulaciones en ambientes virtuales 3D colaborativos como *OpenCobalt*, emergen como una promisoría herramienta para lograr un aprendizaje significativo en la enseñanza de la Ingeniería.

## Bibliografía.

Black, A.; Ducasse, S.; Nierstrasz, O.; Pollet, D.; Cassou, D.; Denker, M. (2007) *Squeak By Example*. ISBN 978-3-9523341-0-2. Square Bracket Associates. Switzerland  
Besset, D. (2000) *Object-Oriented Implementation of Selected Numerical Methods: An Introduction with Java and Smalltalk*. ISBN 1558606793. Publisher Morgan Kaufmann

Publishers Inc. San Francisco, CA, USA

Cheney, W.; Kincaid, D. (2011) Numerical Mathematics and Computing. Sixth Edition. ISBN 13-978-0-495-11475-8 Publisher Brooks Cole Cengage Learning. Boston. Massachusetts. USA.

Chun-Hong H. y Ming Z. (2008) Construction of Collaborative Virtual Learning Communities in Peer-to-peer Networks. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing. Vol.2. Págs. 305-308.

Kypuros, J.; Connolly, T. (2005) Collaborative Experimentation and Simulation: A Pathway to Improving Student Conceptualization of the Essentials of System Dynamics and Control Theory. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, NSF Grantees Poster Session. pp.1-11.

McGeer, R.; Raab A.; Reed, D.; Smith, D.; Kay, A. (2006) Scalability of Collaborative Environments. C5 '06: Proceedings of the Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing. Publisher: IEEE Computer Society. ISBN 0-7695-2563-6. pp. 168–174. Washington DC, USA.

Open Cobalt Alpha (2010) – Open source virtual world browser and toolkit.  
<http://www.opencobalt.org> . Acceso: 20 de Diciembre de 2014

Soler, J. Prados, F.; Poch, J. y Boada, I. (2012) ACME: Plataforma de Aprendizaje Electrónico (e-learning) con Funcionalidades Deseables en el Ámbito de la Ingeniería. Revista Formación Universitaria, ISSN 0718-5006. La Serena, v. 5, n. 3. pp 3-16.

Stephenson, N. (1992) Snow Crash. Publisher Bantam Spectra Books. ISBN 0553380958. pp. 480. New York. USA.

Wild, Walter J. (1980) Euler's three-body problem. American Journal of Physics, Volume 48, Issue 4, pp. 297-301.



# **16TCE - PERFIL COGNITIVO DINAMICO DEL ESTUDIANTE DE INGENIERIA BASADO EN ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ESTEREOTIPOS**

**HUAPAYA, C.R.<sup>1</sup>; GUCCIONE L.D.<sup>1</sup>; LIZARRALDE F.A.J.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302 - (7600) Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina  
E-mail: [huapaya@fi.mdp.edu.ar](mailto:huapaya@fi.mdp.edu.ar)**

## **Resumen**

En este artículo se explora un modelo del estudiante híbrido a fin de construir un perfil cognitivo del alumno que amplíe la evaluación tradicional. Se ha diseñado e implementado el núcleo del modelo del estudiante. Este núcleo consta de dos componentes: un modelo de perturbación para representar el conocimiento y logros del estudiante y un modelo para representar los estilos de aprendizaje y nivel de conocimiento. En particular, aquí presentamos el segundo componente y la inferencia difusa para estimar el perfil cognitivo. Las preferencias en el aprendizaje están basadas en los estilos de aprendizaje de Felder y Silverman y un modelo de estereotipos clásico. Tanto los estilos de aprendizaje como el modelo de estereotipos han sido definidos usando conjuntos difusos. El perfil cognitivo ha sido desarrollado usando la inferencia difusa. Este perfil es modificado con nuevas evidencias sobre el aprendizaje del estudiante, ya sean resultados de nuevas pruebas, ensayos, pruebas específicas, etc. El modelo del estudiante ha sido implementado con herramientas computacionales de Lógica Difusa y el lenguaje Java.

## **1. Introducción**

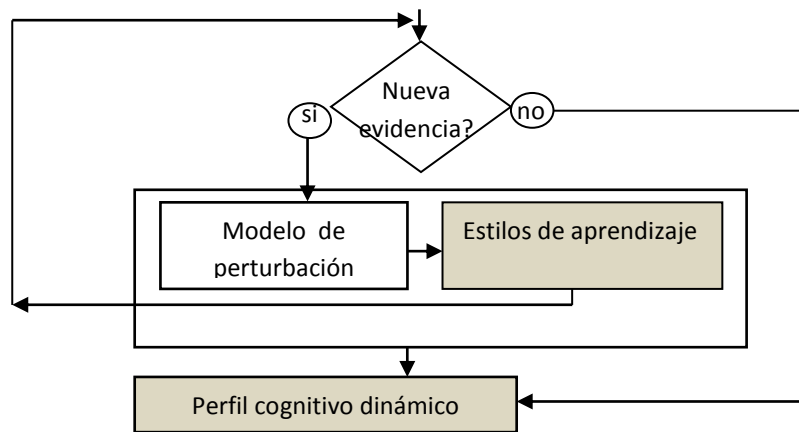
El modelo del estudiante involucra una tarea compleja que se caracteriza por el estudio de objetos intangibles como la personalidad, habilidades cognitivas y preferencias individuales que influyen en el aprendizaje, esto es, un modelo del estudiante sirve para representar y explorar las características cognitivas individuales del estudiante (Chrysafiadi y Virvou, 2014).

El estado cognitivo no puede ser observado y medido directamente como la altura de una persona. Durante la adquisición de la información para estimarlo aparecen algunas restricciones como la incertidumbre y datos incompletos (la información sobre la actividad del estudiante que se recoge varía en cuanto a cantidad y calidad). Esta incertidumbre, es causada principalmente, por la naturaleza dinámica del aprendizaje así como por el enfoque interpretativo que hace el docente sobre la actividad del estudiante (Chrysafiadi y Virvou, 2013).

A pesar de estas dificultades, el diseño del modelo del estudiante debe orientarse a la administración de datos que permita manipular (analizar e inferir) el estado cognitivo sobre datos crudos (notas, tiempos de las respuestas, evaluaciones especiales, etc).

Como datos relevantes que puede contener el modelo del estudiante se encuentran el estilo de aprendizaje y el logro alcanzado por el alumno. Esta información es la base para la toma de decisiones en el diagnóstico cognitivo.

Hemos investigado una metodología para diseñar un modelo del estudiante a fin de estimar el estado cognitivo considerando la incertidumbre. Inicialmente, se ha diseñado un núcleo compuesto por dos módulos. El primero de ellos es el modelo de perturbación (expuesto en otro artículo) que interactúa con los **estilos de aprendizaje** y **estereotipos** a fin de inferir el modelo del **perfil cognitivo dinámico**. Estos componentes del modelo (en gris en la figura 1) son presentados en el presente trabajo de investigación.



**Figura 1:** Esquema del núcleo del Modelo de Estudiante

El Modelo de perturbación modifica su contenido a medida que el sistema recibe nuevos datos sobre la actividad del estudiante. Esta información actualiza los estereotipos y el núcleo construye un perfil cognitivo por cada modificación.

La Lógica Difusa es usada para tratar la incertidumbre presente en problemas reales causada por la información imprecisa como la generada por la subjetividad humana (Zadeh, 2012). En el modelado de los sistemas suelen utilizarse variables con valor incierto y esta problemática es resuelta con el uso de los conjuntos difusos. Los conjuntos difusos describen a las variables con valores como “malo”, “regular” y “bueno” en lugar de valores booleanos “verdadero/falso” o “sí/no”. (Gokmen et al., 2010). Los conjuntos difusos se determinan por una función de pertenencia expresada con:  $\mu_A(x)$

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1], \text{ donde } \mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \text{ está en } A \\ (0,1) & \text{si } x \text{ está parcialmente en } A \\ 0 & \text{si } x \text{ no está en } A \end{cases} \quad (1)$$

El valor de  $\mu_A(x)$  se denomina grado de pertenencia y posee un valor entre 0 y 1. Cuando  $x$  pertenece completamente al conjunto difuso  $A$ ,  $\mu_A(x)$  vale 1 y cuando  $x$  no está en  $A$ ,  $\mu_A(x)$  vale 0. Cuanto más alto sea el valor de la función de pertenencia, más fuerte es el grado de pertenencia de  $x$  al conjunto  $A$ .

Un sistema de inferencia difusa (FIS) es un sistema que usa la teoría de los conjuntos difusos a fin de mapear las variables de entrada (características en caso de clasificación difusa) sobre variables de salida (clases en el caso de clasificación difusa). Las reglas difusas son una colección de sentencias lingüísticas que describen como el FIS debe tomar las decisiones sobre una entrada o controlando una salida. Las reglas difusas IF-THEN poseen un antecedente y un consecuente. Veamos un ejemplo:

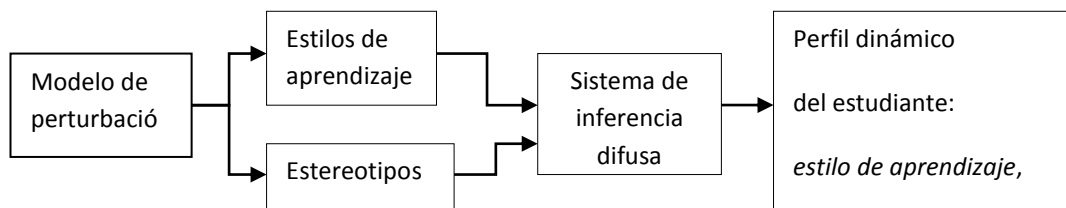
*Si la temperatura es alta y la humedad es alta entonces hace calor*

## 2. Objetivos

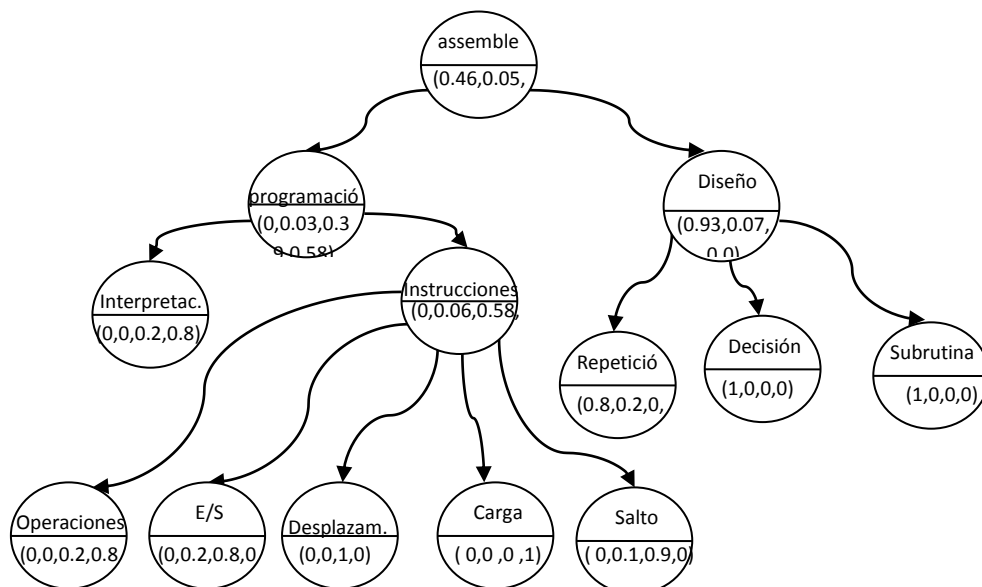
Ampliar y mejorar el diagnóstico cognitivo del estudiante de ingeniería a través de modelos que emplean la lógica difusa. Mediante estilos de aprendizaje basados en el modelo de Felder y estereotipos basados en el modelo de perturbación, se construye un perfil cognitivo (que revela una estimación del estado cognitivo) el cual varía según ingresa nueva información.

## 3. Metodología

El proceso para predecir un perfil cognitivo de cada estudiante consta de las siguientes etapas (ver figura 2). Partiendo del modelo de perturbación (ilustrado en la figura 3), veremos el desarrollo de estilos de aprendizaje utilizados para explorar las características del estudio según (Felder, 2005) y se propondrá estereotipos clásicos que permiten manipular los resultados del modelo de perturbación.



**Figura 2:** Inferencia del perfil cognitivo



**Figura 3:** Ejemplo del modelo de perturbación para un estudiante sobre el lenguaje assembler

### 3.1 Estilos de aprendizaje:

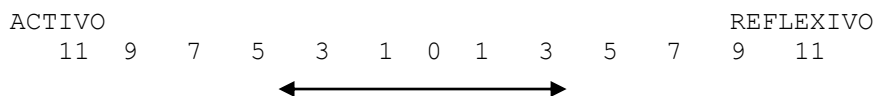
Un estilo de aprendizaje es el modo que caracteriza a un individuo cuando adquiere, retiene y recupera información. Los estudiantes, en particular, muestran diferentes fortalezas y preferencias cuando adquieren información. Esto es, poseen distintos estilos de aprendizaje. Aquí hemos adoptado el modelo de Felder porque su investigación está dirigida a los estudiantes de ingeniería. Este autor conjuntamente con K. Silverman creó un cuestionario en línea para estimar los estilos de aprendizaje. Hemos tomado el cuestionario a los alumnos de dos asignaturas de las carreras de ingeniería y procesado los resultados en la página de la Universidad del Estado de North Carolina. El instrumento en línea estima las preferencias en cuatro dimensiones (activo/reflexivo), sensitivo/intuitivo, visual/verbal, y secuencial/global).

Hemos elegido dos dimensiones **Procesamiento de la Información** (Activo/ Reflexivo) y **Entendimiento** (secuencial/global) por considerarlas más apropiadas la naturaleza de las asignaturas elegidas (ciencias básicas). La fundamentación de esta elección es la siguiente:

- Estilo de aprendizaje (Activo/ Reflexivo): esta dimensión distingue entre modos activos y reflexivos del procesamiento de la información por parte del alumno. Los estudiantes activos aprenden mejor trabajando activamente con el material de aprendizaje, resolviendo problemas planteados y probando nuevas soluciones. También estos alumnos tienden a ser más comunicativos y preferir el trabajo en grupos discutiendo sobre el tema a aprender. Por el contrario, los alumnos reflexivos se inclinan por pensar y reflexionar sobre el material de aprendizaje. Además, prefieren trabajar solos.
- Estilo de aprendizaje (secuencial/global): en esta dimensión los estudiantes son caracterizados de acuerdo a su entendimiento. Los estudiantes secuenciales aprenden con pequeños pasos incrementales y por lo tanto tienen un progreso lineal de aprendizaje. Tienden a seguir caminos lógicos paso a paso para encontrar la solución. Por el contrario, los alumnos globales usan una modalidad holística de pensamiento y aprenden a saltos. Tienden a asimilar el conocimiento de manera aleatoria sin percibir las conexiones hasta que, luego de trabajar con una cantidad determinada de material de aprendizaje, súbitamente acomodan todo el conocimiento correctamente. Entonces pueden resolver problemas complejos mediante métodos creativos, pero encuentran difícil explicar como lo hicieron. Como para los estudiantes globales es importante la visión global, a estos les interesan los resúmenes y el conocimiento amplio, mientras que a los estudiantes secuenciales están más interesados en los detalles.

Cada dimensión posee un rango que varía de 0 a 11 (ver figura 4). A modo de ejemplo, en la dimensión activo/reflexivo, si el resultado del cuestionario toma un valor entre 0 a 3 (en cualquiera de las dos direcciones), el estudiante se encuentra bien balanceado entre las dos dimensiones que figuran en los extremos de la escala; si el puntaje en la escala es 5 o 7, tiene una moderada preferencia por el extremo al que se acerca y si el

puntaje en la escala es 9 u 11, tiene una fuerte preferencia por el extremo donde se encuentra.



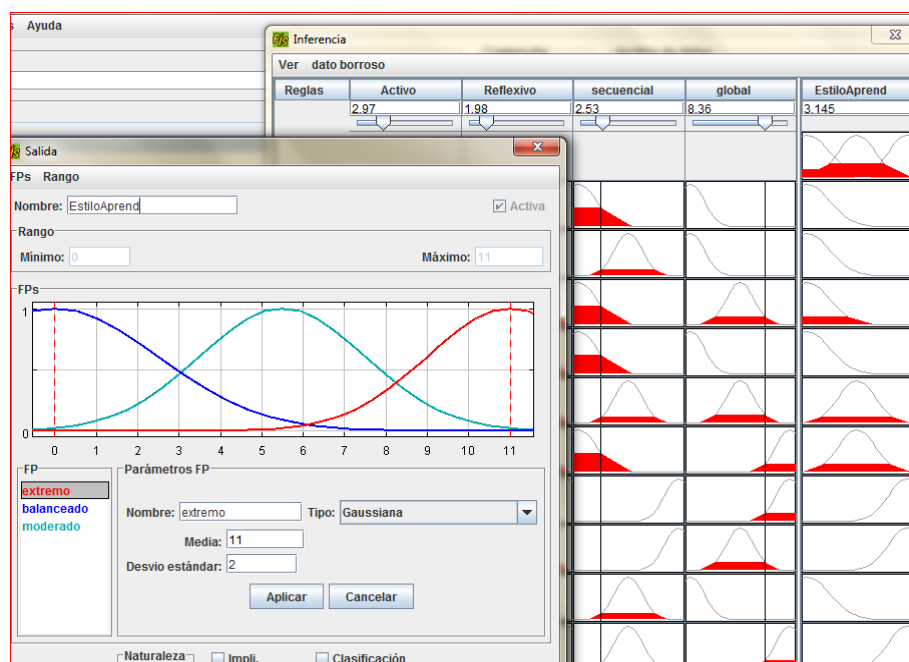
**Figura 4:** Graduación de la dimensión activo/reflexivo.

Como ya vimos, el proceso de inferencia implica definir las variables lingüísticas de entrada, de salida y reglas de inferencia difusa. Hemos usado como base las dos dimensiones de Felder/Silverman descriptas previamente. Cada variable posee un conjunto de términos lingüísticos (siendo estos conjuntos difusos). Las variables de entrada son: **activo** (con los siguientes términos lingüísticos: alto, medio, bajo); **reflexivo** (alto, medio, bajo); **secuencial** (alto, medio, bajo) y **global** (alto, medio, bajo).

La variable de salida **estilo de aprendizaje** considera si el aprendizaje es balanceado o no (balanceado, moderado, extremo). Se han definido 14 reglas difusas para la inferencia. A continuación se presenta una de ellas:

*Si **activo** es bajo y **reflexivo** es medio y **secuencial** es medio y **global** es bajo entonces **estilo de aprendizaje** es moderado*

En la figura 5 se aprecia la inferencia del sistema realizado con un FIS.



**Figura 5:** Sistema de inferencia para Estilo de aprendizaje. En la pantalla delantera se aprecia la variable de salida *Estilo de aprendizaje* y sus tres términos lingüísticos definidos como conjuntos difusos

### 3.2 Estereotipos

El razonamiento basado en estereotipos trabaja con una primera caracterización sobre el estudiante y es usado para modelar al estudiante inicialmente (Kay, 2000). También tenemos la definición de (Rich, 1979): “un estereotipo representa una colección de atributos de personas ..que permite al sistema realizar un gran número de inferencias plausibles basadas en un número chico de observaciones”. Aquí hemos utilizado a los estereotipos de estudiantes como grupos que comparten características comunes en el aprendizaje.

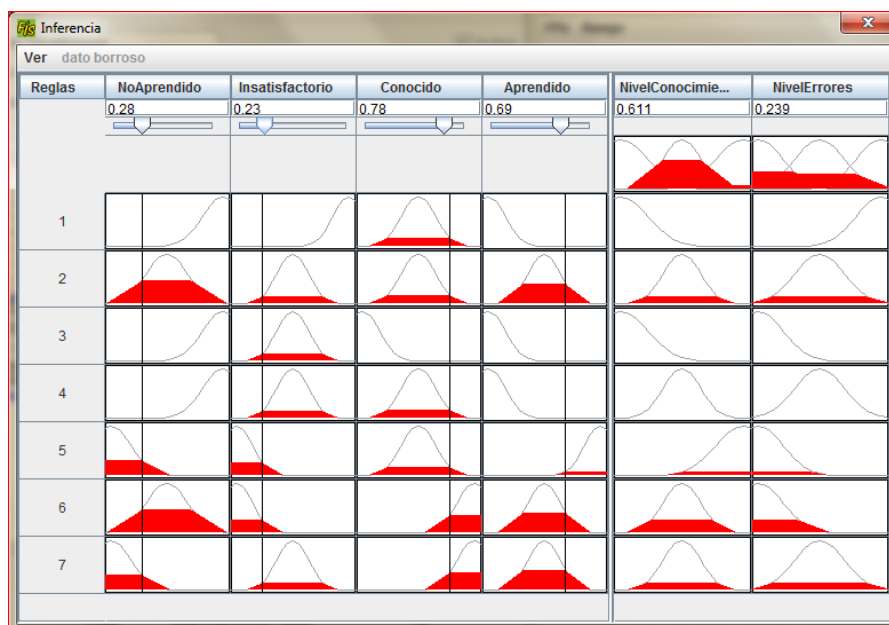
Nuestro objetivo de analizar el aprendizaje del estudiante mediante un perfil cognitivo, además del estilo de aprendizaje, necesita un sistema de inferencia que considere el nivel de perturbación para construir estereotipos así como el nivel de errores cometidos. Un nuevo estudiante es asignado al estereotipo que mejor se ajuste a sus características individuales. La ventaja de esta estrategia es que la información sobre un estudiante particular será inferida desde el estereotipo tanto como sea posible sin un proceso de extracción de información para cada usuario fuera del grupo.

Para la inferencia difusa se ha usado el modelo de perturbación que posee una 4-upla por cada nodo del árbol: (no-aprendido, insatisfactoriamente conocido, conocido, aprendido), como se aprecia en la figura 3. Los componente de la 4-upla constituyen las cuatro variables de entrada: **no-aprendido** (bajo, medio, alto), **insatisfactorio** (bajo, medio, alto), **conocido** (bajo, medio, alto) y **aprendido** (bajo, medio, alto) y dos variables de salida: **nivel de conocimiento** (aprendiz, intermedio, experto) y **nivel de errores** (bajo, medio, alto).

Regla	Activa	SI NoAprendido	Y Insatisfactorio	Y Conocido	Y Aprendido	ENTONCES NivelConocimiento	NivelErrores
1	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	medio	bajo	novicio	alto
2	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	medio	medio	medio	medio	medio
3	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	bajo	bajo	novicio	bajo
4	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	medio	bajo	medio	medio
5	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	medio	alto	experto	bajo
6	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	bajo	alto	medio	medio	bajo
7	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	medio	alto	medio	medio	medio

**Figura 6:** Algunas reglas de inferencia difusa del sistema FIS

En la figura 6 se ilustra parte del sistema de inferencia. Un caso de inferencia se aprecia en la figura 7.



**Figura 7:** Ejemplo de inferencia difusa

### 3.3 Perfil cognitivo dinámico

Finalmente el perfil cognitivo dinámico queda formado por los resultados de la terna: (*estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento, nivel de errores*). A modo de ejemplo, un perfil es (moderado, intermedio, bajo) en un momento del aprendizaje.

## 4. Resultados

El sistema de ampliación del diagnóstico del estudiante de ingeniería fue aplicado a diversas asignaturas de las carreras de ingeniería. Para ilustrar el modelo se presenta el caso de alumnos de la asignatura Fundamentos de la Informática. A partir de los casos individuales se analizaron los perfiles más frecuentes. Estos resultados ayudaron a corregir la enseñanza de algunos tópicos (p.e. algoritmia básica)

**Tabla 1:** Los perfiles cognitivos más frecuentes a mitad del dictado del curso

Perfiles	Estilo de aprendizaje	Nivel de conocimiento	Nivel de errores	Porcentaje
1	moderado	intermedio	medio	33 %
2	balanceado	intermedio	medio	17 %
3	balanceado	aprendiz	medio	12 %
4	moderado	experto	bajo	10 %
5	extremo	intermedio	bajo	7 %
otros				21 %

## 5. Conclusiones

El modelo desarrollado provee información cuantitativa individual (modelo de perturbación) como también información cualitativa tanto individual como grupal a través del diagnóstico cognitivo en forma de perfil a lo largo de un período de tiempo. Los perfiles de los estudiantes aportan una estimación amplia del grado del logro así

como también de las equivocaciones. Este modelo será usado para el futuro desarrollo de un ambiente inteligente de aprendizaje en temas de las ciencias básicas de ingeniería.

## **6. Bibliografía**

Chrysafiadi K.; Virvou M., (2014). *Advances in Personalized Web-Based Education*. Springer Cham Heidelberg.

Chrysafiadi K.; Virvou M., (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*. 40 (11), 4715–4729.

Felder R.M., Spurlin J.E., (2005). Applications, Reliability, and Validity of the Index of Learning Styles. *Intl. Journal of Engineering Education*, 21(1), 103-112

Gokmen G., T. Ç. Akincib, M. Tektas, N. Onat and G. Kocyigita, (2010). Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 902-909.

Kay J. (2000) Stereotypes, students models and scrutability. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* 19-30

Rich E. (1979). User Modeling via Stereotypes. *Cognitive Science* 3, 329-354.

Zadeh L. (2012). *Computing with Words. Principal Concepts and Ideas*. Springer.



## 17TCE - MODELO DE PLANTA PILOTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS BASADO EN UN ESPACIO DE ENCUENTRO

LIMA, J. L.<sup>1</sup>; GIMENEZ, G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Coordinación de Carreras de Alimentos, ECANA, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA). [jlima@unnoba.edu.ar](mailto:jlima@unnoba.edu.ar)

<sup>2</sup> Dirección del Departamento de Humanidades, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA).

### Resumen

El Espacio de Encuentro en Tecnología de Alimentos, es un lugar de encuentro y trabajo conjunto de la comunidad universitaria con la comunidad de la región. Su propósito es generar un espacio que permita orientar con consistencia académica y en forma integrada, los aspectos de la docencia, la experimentación, la investigación, la extensión, la transferencia y la ejecución de servicios en el ámbito de la Tecnología de los Alimentos y que, por lo tanto, sea un elemento central para el desarrollo de las Carreras de Alimentos. Se propone una alternativa distinta y de mayor nivel institucional que el que suele impulsar el concepto tradicional y elemental de Planta Piloto, con equipamiento acorde y con interrelación dinámica con la sociedad y el sistema productivo así como con otras áreas de la misma Universidad. Pretende configurar una propuesta de organización de las actividades en el área que supera a un conjunto de elementos materiales (espacios físicos, instalaciones y equipamiento) para el apoyo a la docencia, la investigación y la transferencia de tecnología. La actividad del Espacio se organiza en tres niveles operativos basados en una secuencia lógica en cuanto al proceso de estructuración del conocimiento tecnológico: la medición de los parámetros básicos de un proceso, la optimización de los parámetros operativos del mismo y la conformación de un sistema de unidades de producción.

### 1. Introducción

Un cambio de escala es un proceso mediante el cual se logra la exitosa puesta en marcha y la operación económica de una unidad a escala comercial basándose, al menos en parte, en resultados de investigaciones realizadas a una escala más pequeña (González Castellanos, 2000). En un proceso de investigación y desarrollo, el cambio de escala es una estrategia común. Una clasificación convencional y sin límites precisos, identifica cinco escalas: *Escala Laboratorio*, *Escala Banco*, *Escala Piloto*, *Escala Semi industrial* y *Escala Industrial*. Hay casos en los cuales, cuando un proceso se conoce en forma suficiente y sus características lo permiten, en que puede pasarse en forma directa de la *Escala Laboratorio* a la *Escala Industrial* (González Castellanos, 2000).

Por otra parte, se define a una Planta Piloto como “un proceso que consiste en partes específicas ensambladas que operan como un todo armónico con el propósito de reproducir, a escala, procesos productivos en los que intervienen fenómenos, simples o complejos, permitiendo el análisis de las interacciones presentes en las operaciones. También facilita la posterior operación y aplicación a nivel industrial o en algún área de trabajo determinada; sirve además para la confrontación de la teoría (modelos) con la práctica y la experimentación en las áreas del conocimiento antes mencionadas” (Anaya Durand y Pedroza Flores, 2008).

Todas las Carreras de Ingeniería son costosas y las de la orientación Alimentos tienen costos de implementación muy importantes, en especial en lo referente a las instalaciones en las cuales los alumnos deben realizar las prácticas y la experimentación y diseño de los aspectos tecnológicos, basados en el citado esquema convencional de cambios de escala y la utilización de Plantas Piloto. La creación y la futura utilización de una Planta Piloto para desarrollar actividades normales de docencia, investigación, extensión y transferencia tecnológica suele plantear debates acerca de cómo decidir la o las líneas piloto con las que se va a contar, en el marco de la formación de los alumnos y de la posible transferencia de tecnología a la región en la cual se encuentra implantada la Universidad. En ese marco suele haber choques frecuentes entre ambas necesidades. Es deseable establecer actividades y adquirir instalaciones que sean útiles en forma simultánea para la transferencia al medio, para el desarrollo de áreas de investigación y, mucho más, para la docencia impartida a los estudiantes. Para atacar esa temática se entiende que se necesita un área donde se puedan acordar acciones, donde participen la comunidad académica y la comunidad de la región. Es decir, se necesita un Espacio donde los distintos integrantes puedan actuar como Grupos de Encuentro, de acuerdo a la metodología propuesta por el psicólogo humanista Carl Rogers. Según Rogers, “un grupo de encuentro consiste en un conjunto de personas que quieren interrelaciones sobre aspectos de sus potencialidades” (Rogers, 1973).

En el contexto actual, el sujeto social requiere de la integración de conocimientos que lo mantengan actualizado e informado en su especialidad, capaz de asimilar los cambios producidos por la globalización. Entre los diversos cambios de paradigmas sobre psicología educativa, la visión humanista plantea al aprendizaje como una actividad humana fundamental para vivir, que no se hace “a determinadas ocasiones, sino durante toda la vida” (Claxton, 2001). El modelo de Rogers implica una plataforma de partida en la concepción del sujeto como centro del proceso educativo, como eje del proceso de capacitación y acción en las actividades de docencia, investigación, extensión y transferencia tecnológica. El enfoque humanista en psicología que fundara Rogers junto a Maslow, establece como principios básicos de la enseñanza y el aprendizaje a la confianza en las potencialidades humanas, a la pertinencia del asunto que va a ser aprendido o enseñado, al aprendizaje participativo, a la autoevaluación, a la autocrítica y al aprendizaje del propio aprendizaje. Estas variables deben considerarse en el marco de un clima de comunicación, confianza, motivación congruente y activa, con objetivos enfocados con congruencia y autenticidad. Estos criterios establecen que un Espacio de Encuentro es un espacio de “comprensión empática”. Los protagonistas de las distintas experiencias de un Espacio de Encuentro, tienen como misión convertir a sus integrantes en individuos capaces de tener iniciativa propia para la acción, dentro de los ámbitos de formación, extensión o de investigación y transferencia, responsables por sus acciones y focalizados en los logros de sus objetivos.

La enseñanza, denominada por Rogers “enseñanza cooperativa” fomenta y capitaliza la heterogeneidad y relaciones de interdependencia entre los actores sujetos de la experiencia de aprender a aprender, poniendo en marcha diversas formas de proceder en la resolución compartida de problemas, garantizando variedad de respuestas y estrategias en escenarios de discusión operativa. En el campo educativo, el estudio del aprendizaje en el futuro cercano se deriva del abordaje interdisciplinario dentro de contextos y escenarios educativos naturales. La Universidad es la organización que debe enfrentar este desafío proponiendo alternativas de educación y actividad compartida en el marco de su inserción regional.

Una estrategia de abordaje proactiva, en el campo de la Tecnología de los Alimentos, implica admitir la necesidad de reconocer que se protagoniza una educación cuyas prácticas no preparan con suficiencia al estudiante en la adquisición de la “caja de herramientas” que le permita aprender de forma inteligente, reflexiva y crítica. Asumir esta realidad implica aceptar que el aprendizaje “desde estas posiciones teóricas de corte constructivista psicológico, se vuelve una actividad de construcción de significados que le otorga un papel dinámico al agente de aprendizaje, por el uso activo que éste hace de sus experiencias y conocimientos previos mientras realiza el acto mismo” (Hernández Rojas, 2006). Esto implica la necesidad de proponer un Espacio de Encuentro en Tecnología de Alimentos para aspirar al aprendizaje de forma colectiva y colaborativa promoviendo el desarrollo integral del ser humano en sus escenarios de acción.

Por otra parte, las actividades de educación, extensión e investigación de una Universidad en su contexto regional, deben surgir de enfoques cooperativos grupales superando a las situaciones competitivas e individuales, para insertarse en el contexto de influencia y viabilizar una actividad de desarrollo más allá de sus claustros. Un Espacio de Encuentro constituye una alternativa facilitadora del aprendizaje grupal, orientador en la problematización y articulación de la búsqueda de soluciones, planificando y administrando los objetivos en el cumplimiento de su participación en el desarrollo nacional y regional, para la transformación de la producción agropecuaria en productos alimenticios, como promotor social de la mejora de la calidad de vida de la población.

Las psicologías humanistas privilegiaron la experiencia directa, el aprendizaje vivencial, en sus centros de formación. Esto no impide completar la formación académica con rigor científico de los estudiantes, toda vez que permite en su aplicación práctica, gestionar un ámbito de desarrollo personal en el marco de un mejoramiento de la comunicación y de las relaciones interpersonales. Rogers ha aceptado que el grupo es un ente potenciador del cambio a niveles tanto individuales como interpersonales, e incluso institucionales. El abordaje del proceso grupal tiene diversos ámbitos de aplicación; se utiliza en la industria en el desarrollo organizacional, con logros medidos en el clima organizacional, logro de metas, la identificación con los objetivos de la organización, y el autocontrol y autodirección de las personas en la organización. En ese mismo sentido, “la educación superior debe ser concebida como camino para que el estudiante desarrolle su espíritu crítico y se favorezca la creatividad en su desarrollo profesional, logrando un adecuado equilibrio entre la formación científico-técnica y el pleno desarrollo espiritual del hombre. Debe ser un proceso donde se complementa la explicación y la comprensión del mundo social y natural” (Ortiz Ocaña, 2013).

## **2. Objetivos**

El objetivo principal reside en la definición de un ambiente de investigación y desarrollo científico-tecnológico en Tecnología de los Alimentos que alimente tanto a la docencia curricular como a la extracurricular (servicios, extensión, transferencia) de la universidad, y en el cual los docentes y los alumnos participan operativizando el proceso de enseñanza-aprendizaje con intensidad progresiva desde el comienzo de su proceso de formación.

Se busca una alternativa distinta y de mayor nivel institucional que la que suele impulsar el concepto tradicional y elemental de Planta Piloto y se propone constituir la de acuerdo al modelo de los Grupos de Encuentro establecidos a partir del modelo de Carl Rogers, denominándolo Espacio de Encuentro de Tecnología de Alimentos.

### **3. Metodología**

Se trabajó en base a la experiencia personal de los autores y realizando una importante revisión bibliográfica acerca del estado del arte tanto en el ámbito de los modelos educativos modernos como en el de los equipamientos de plantas piloto, tomando como situación objeto la realización de una propuesta a las autoridades educativas a los fines de concretar un elemento básico para la formación de los alumnos de las carreras de Alimentos de la UNNOBA

### **4. Resultados**

El Espacio de Encuentro en Tecnología de los Alimentos se generará a través del modelo de Grupos de Encuentro propuesto por Carl Rogers desde la perspectiva psicológica humanista. Se incorporan las estrategias de ese modelo al análisis de las alternativas de enseñanza y transferencia de conocimientos en las distintas funciones sociales de la Universidad, estrategias operativas que implican definir las características de un coordinador o facilitador, un proceso de acompañamiento, un modo de trabajo en grupos pequeños, un ambiente psicológico del grupo (la problemática grupal) y las metas a alcanzar por el grupo.

Se pretende configurar una propuesta de organización de las actividades en la disciplina, basada en la integración de la comunidad de docentes, investigadores y estudiantes, la cual, en conjunto, procurará reunir, ampliar, transmitir y aplicar los conocimientos en un proceso que reconoce y distingue etapas pero no las divide sino que las integra dentro de una concepción de educación permanente al servicio de la sociedad y de la región. Desde este punto de vista, la recuperación y la ampliación del conocimiento constituye una etapa del proceso de aprendizaje, como lo es también su aplicación a la identificación y a la búsqueda de soluciones a problemas reales de la sociedad, en particular de la población como consumidora y de la industria como elaboradora de alimentos. En este último aspecto, se hace hincapié en la asistencia técnica a las pequeñas y medianas empresas agropecuarias y agroindustriales, verdaderos pilares del desarrollo regional.

Si bien las actividades principales del Encuentro se desarrollan en el área de competencia de la Tecnología de Alimentos, otras importantes disciplinas universitarias tales como la Agronomía, la Gestión Empresarial, la Ingeniería Industrial, la Gestión Ambiental, la Biotecnología, la Comercialización y las Tecnologías Educativas a Distancia, pueden y deben participar activamente en el cumplimiento de los objetivos del Espacio.

El Espacio será una estructura académica dinámica dirigida por personal técnico especializado en Tecnología de los Alimentos. Además de una comunión absoluta con la Coordinación de las Carreras de Alimentos, deberá mantener una relación muy fluida con el Campo Experimental y los Laboratorios en el ámbito de la Universidad. Su vinculación con la comunidad se canalizaría a través de conductos especiales que le permitan actuar eficazmente cuando se le requiera como Espacio de Encuentro en asistencia técnica, operando en los tiempos adecuados con la eficiencia pretendida. Como estructura de desarrollo tecnológico, el Espacio debe contar con una pequeña planta de procesos con instalaciones de servicio y áreas de control de calidad anexos e instalaciones auxiliares tales como una oficina técnica, un aula-sala de proyecciones y vestuarios.

En una propuesta superadora a la de los postulados convencionales del cambio de escala, la actividad del Espacio se organiza en tres niveles operativos que se basan en el cumplimiento de una secuencia lógica en cuanto al proceso de estructuración del conocimiento tecnológico mediante una estructura de niveles que se corresponde con una escala progresiva en cuanto a la capacidad de los equipos y al flujo de los materiales

adecuado para los mismos, pero con una adaptación pedagógica al avance de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, ofreciendo al mismo tiempo la indispensable flexibilidad para su programación. Se adapta al objetivo central de generar, transmitir y aplicar conocimientos y permite lograr que cualquier programa de trabajo diseñado inicialmente para la investigación, la docencia o la extensión, sea puesto al servicio de las tres funciones. La asistencia técnica enriquece a la actividad de los docentes y a la formación de los alumnos, ya sea a través de la participación directa, o del análisis y la interpretación de los resultados obtenidos por los participantes. Los tres niveles operativos se fundamentan en una secuencia lógica de desarrollo tecnológico:

El Primer Nivel se denomina *Laboratorio de Medición de Parámetros de Procesos*. Su objetivo es la adquisición y la correlación de información sobre las variables cuantitativas que caracterizan a los procesos. Se reproducen las operaciones necesarias para preparar alimentos en una escala reducida y económica (entre dos y cinco kilogramos por ensayo) con la finalidad de poder realizar experiencias de tipo seriado para un mismo producto. Es un Laboratorio con equipamiento básico de “cocina”, donde se reproducen las operaciones preliminares y de acondicionamiento, las operaciones propias de cada procesamiento, las de conservación y las de envasado. Tras una exhaustiva planificación, todas las operaciones se controlan mediante la medición de los parámetros indicativos del proceso utilizando instrumentos indicadores y registradores y evaluación sensorial.

El Segundo Nivel se denomina *Taller de Optimización de Parámetros de Operación*. Está orientado a indagar las combinaciones de las variables operativas más adecuadas para el logro de los objetivos de calidad (técnicos, nutricionales, sanitarios, económicos y sociales) que deben satisfacer los productos alimenticios así como sus procesos de fabricación. Como el nombre lo indica, en este nivel se busca optimizar los procesos y además experimentar los problemas de cambio de escala, al producirse el cambio de nivel, del Primero a éste, cuya carga operativa es de unos cincuenta kilogramos por lote. El equipamiento de este Nivel es el más crítico por sus exigencias particulares de instrumentación, flexibilidad y versatilidad operativa. La estrategia de equipamiento se basa en dos criterios: la capacidad de procesamiento de los equipos debe ser del orden de las decenas de kilogramos de material, por lote o por unidad de tiempo, según corresponda, y los equipos de las líneas de procesamiento deben tener la mayor versatilidad posible. Integrado al mismo y apoyando a las líneas de procesamiento, operan Laboratorios de Control, integrando en forma consistente todos los procesos de Ingeniería con el Control de la Calidad de los productos alimenticios.

El Tercer Nivel se denomina *Sistema de Unidades de Producción*. El objetivo fundamental de este nivel es el pasaje de la escala experimental a la de producción. Esto implica que se deben encarar, además de la problemática técnica asociada a dicho cambio de escala, los aspectos organizativos, administrativos, económicos, financieros, ambientales y de gestión propios de una actividad productiva. Este Nivel puede realizar actividades de asistencia técnica dando preponderancia a la posibilidad de realizar transferencia de tecnología mediante el desarrollo de Sistemas de Producción con la finalidad de participar en el desarrollo de la región en la que está inserta la Universidad. La actividad en este nivel tiene un costo económico elevado ya que se debe operar con producciones del orden de los cientos de kilogramos por lote o por unidad de tiempo.

**TABLA 1:** Marco lógico ilustrativo

OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICA-	VERIFI-	SUPOSI-
----------	-------------	---------	---------	---------

		<b>DORES</b>	<b>CACION</b>	<b>CIONES</b>
Definir un ambiente de investigación y desarrollo científico-tecnológico para la docencia curricular y extra-curricular de la UNNOBA	<p>Generar el Espacio de Encuentro.</p> <p>Promover la generación, transmisión y difusión del saber en Tecnología de los Alimentos</p> <p>Organizar actividades para la integración de docentes, investigadores y estudiantes.</p> <p>Generar asistencia técnica a pequeñas y medianas empresas agropecuarias y agroindustriales</p> <p>Incorporar el saber de otras disciplinas en el cumplimiento de las metas del espacio.</p> <p>Organizar el Espacio en tres niveles operativos de secuencia lógica en el proceso de estructuración del conocimiento tecnológico.</p> <p>Realizar transferencia de tecnología para participar en el desarrollo de la región de inserción de la Universidad.</p>	<p>Número de participantes capacitados al inicio de la ejecución del proyecto.</p> <p>Número de grupos de encuentro, dirigidos a la experiencia de enseñanza y transferencia de conocimientos en las funciones sociales de la universidad.</p> <p>Número de actividades de trabajo de los grupos operativos.</p> <p>Resultados de evaluaciones.</p>	<p>Informes de inicio.</p> <p>Registros de talleres.</p> <p>Registros de instancias de capacitación.</p> <p>Registros de evaluaciones.</p> <p>Estadísticas de aprobación y desaprobatión de instancias de evaluación.</p> <p>Registro de consultas de la comunidad productiva.</p> <p>Registro de acciones de respuesta.</p>	<p>Situación académica favorable, acompañamiento institucional.</p> <p>Apoyo económico.</p> <p>Acceso a la infraestructura necesaria.</p> <p>Participación de la comunidad de la región de inserción de la universidad.</p>

A partir de los objetivos planteados para la generación de un espacio que permita orientar con consistencia académica y en forma integrada los distintos aspectos en el ámbito de la Tecnología de los Alimentos, se debe incorporar un plan de seguimiento y monitorización del proceso, que permita constatar los logros y fracasos en la ejecución y desarrollo de la propuesta. La consecuente recopilación de información permitirá lograr las correcciones necesarias para lograr los objetivos y metas propuestos. A estos efectos, se monitorizarán los indicadores de tiempo y de uso de recursos y espacios y el impacto de los resultados en las diferentes áreas. Para alcanzar el cumplimiento de los objetivos y metas propuestos con eficacia, efectividad e impacto en la comunidad educativa y social de la universidad, se considera que la sustentabilidad y continuidad del proyecto podrán optimizarse en forma progresiva. Las adecuaciones surgidas del desarrollo de un plan de seguimiento y monitorización brindaran las herramientas necesarias para aplicar futuros planes de mejoras con coherencia, eficacia y pertinencia. Como además de la monitorización, los procesos educativos requieren procesos de evaluación, se debe dotar al proyecto de indicadores de resultado e impacto: Por lo tanto, al seguimiento monitorizado se sumarán actividades de evaluación comparativa en el tiempo de implementación del proyecto. Para cumplir con estas etapas durante la ejecución del proyecto, se realizará una planificación operativa a efectos de oponer lo ejecutado con los resultados esperados, con la correspondiente generación de información necesaria y

pertinente para la comparación y toma de decisiones. Se utilizará una aproximación a la metodología del marco lógico para la planificación, seguimiento y monitoreo, y evaluación del proyecto (ver Tabla 1).

## **5. Conclusiones**

En el trabajo se intentó analizar las principales herramientas metodológicas disponibles en el contexto académico de la Universidad sobre los procesos de aprendizajes innovadores, a los efectos de arribar a conductas positivas de los educandos en el escenario de su capacitación, exponiendo y debatiendo el proceso de aprendizaje con un objetivo académico social. El trabajo en equipo se entendió como un modo de gestión que, aun con sus ventajas y dificultades, constituye la transformación de sus resultados en una herramienta sustantiva para la mejora de la calidad en el campo de desarrollo.

El ámbito educativo de pertenencia, la Universidad, requiere de la flexibilidad necesaria para incorporar estrategias de trabajo a implementar a mediano y largo plazo. Por lo que la metodología de Grupos de Encuentro es el punto de partida para alcanzar la meta del encuentro para el aprendizaje en la docencia, la investigación, la extensión y transferencia y ejecución de servicios en el ámbito de la Tecnología de los Alimentos.

Con respecto a la estructuración de la planta en tres niveles, se la entiende como una característica valiosa. En especial, el Tercer Nivel, donde debe asumirse el concepto de "Unidad de producción" en todos sus aspectos y transmitirlo a los educandos o a quienes reciben el apoyo técnico. Debe asumirse que los costos de la materia prima e insumos y los de energía y mano de obra ligados a un proceso no se pueden dilapidar en una práctica formativa necesaria pero poco eficiente basada solamente en la utilización del equipamiento con connotaciones formativas puramente técnicas, y que un buen resultado educativo en una Unidad de este tipo sólo se obtiene a partir de un adecuado funcionamiento técnico-económico concretado en la obtención de un producto transferible con precio y calidad adecuados para competir en el mercado.

## **6. Bibliografía**

- Anaya Durand, A.; Pedroza Flores, H. (2008). Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas Piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Tecnología, Ciencia, Educación, 23(1), 31-39.
- Claxton, G. (2001). Aprender. El reto del aprendizaje continuo. Ed. Paidós. Barcelona (España)
- García Fabela, J. (2002). El paradigma humanista en la educación y Carl Rogers. Liceus (ISSN 15784709). Madrid (España)
- González Castellanos, R. (2000). Principios básicos de escalado. Edit. Universitaria (Cuba).
- Hernández Rojas, Gerardo. (2006). Paradigmas en psicología de la educación. Ed. Paidós Educador Mexicana, S.A. (México)
- Ortiz Ocaña, A. (2013). Modelos Pedagógicos y teorías del Aprendizaje. Ediciones de la U (Colombia)
- Rogers, C. (1973). Grupos de Encuentro. Amorrortu Edit. (Argentina)

## **18TCE - EXPERIENCIA DE MEJORA EN EL RENDIMIENTO ACADEMICO EN LA CATEDRA DE ANALISIS MATEMATICO II**

**ALMAZAN, J. F.; COPA, B. E.; DIP, S.B.**

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Argentina.  
beaemil@unsa.edu.ar**

### **Resumen**

En las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, Análisis Matemático II (AMII) es una materia promocional, al igual que todas las asignaturas de las carreras de ingeniería. Para promocionar la asignatura, los alumnos deben alcanzar 70 puntos o más mediante una fórmula ponderada que contempla todas las actividades académicas realizadas durante el cursado. Cabe aclarar que en la fórmula mencionada, la nota de los parciales tiene mayor ponderación que los demás instrumentos de evaluación (60 %).

Durante el 2do cuatrimestre de 2013 la cátedra realizó una experiencia piloto, dirigida a un grupo de diez alumnos que alcanzaron un puntaje próximo al exigido para la promoción. La metodología implementada consistió en una interacción docente-alumno en forma personalizada, que permitió la corrección de errores conceptuales y procedimentales, detectados en los distintos instrumentos de evaluación realizados. Los temas que se contemplaron en esas actividades correspondieron a los incluidos en el segundo parcial. Durante la experiencia, además de trabajar con los errores detectados, se afianzaron conceptos relevantes, y se culminó con una nueva evaluación del segundo parcial, destinado a los alumnos seleccionados para esta experiencia piloto.

En el 1er cuatrimestre del año 2014, en base a los resultados obtenidos, se repitió la experiencia. En esta oportunidad, debido a una modificación del reglamento del funcionamiento de la cátedra, el grupo de 20 alumnos seleccionado contaba con características distintas a los de la primera experiencia. La metodología de trabajo utilizada en esta segunda ocasión fue similar, mejorada en función de la información recogida durante la primera vez que se puso en práctica esta actividad académica.

En el presente trabajo se describe en detalle la experiencia realizada y el impacto alcanzado en el rendimiento académico de los alumnos durante la misma. En base del análisis de la información cualitativa y cuantitativa recogida, se concluye que fueron actividades de mucha utilidad para los que participaron, obteniéndose un alto porcentaje de alumnos, que como consecuencia de las actividades realizadas pudieron mejorar su rendimiento académico, alcanzando la promoción de la asignatura, que era el principal objetivo planteado en la experiencia descripta.

### **1. Introducción**

En las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, AM II es una materia promocional, al igual que todas las asignaturas de las carreras de ingeniería. Es de régimen cuatrimestral y se repite su dictado el segundo cuatrimestre. Para promocionar la asignatura, los alumnos deben alcanzar 70 puntos o más mediante una fórmula ponderada que contempla todas las actividades académicas realizadas durante el cursado. En la fórmula ponderada, la nota de los parciales tiene una ponderación del 60 %, las evaluaciones por temas del 25 %, los cuestionarios previos el



10 % y el restante 5 % se destina a otras actividades que deben realizar los alumnos durante el cursado de la asignatura.

Como consecuencia del notable aumento de la matrícula en la Facultad de Ingeniería que se produjo en los últimos años (durante el segundo cuatrimestre de 2013 se incrementó la cantidad de alumnos que cursaban la asignatura de 155a205, un incremento del 32 %) se resintió el funcionamiento de la cátedra por dos causas principales: cada una de las tres comisiones de trabajos prácticos aumento sustancialmente el número de alumnos y además se detectó un menor nivel académico de los que cursaban la asignatura.

Al finalizar el dictado de la materia, en el 2do cuatrimestre de 2013, la cátedra de AM II realizó una experiencia piloto, considerándola necesaria como una última etapa en las estructuras de apoyo completando el ciclo de evaluación permanente que rige en la facultad, dirigida a un grupo de alumnos que alcanzaron un puntaje próximo al exigido para la promoción, con el propósito de que logren la misma. A los alumnos que participaron en esta primera experiencia, se les exigió cumplir ciertos requisitos con el fin de asegurar su compromiso en cuanto a lo académico, y de esta manera lograr el objetivo propuesto. En base a la experiencia y a la información, tanto cualitativa como cuantitativa recabada en esta oportunidad, durante el primer cuatrimestre del año 2014 se repitió esta actividad. En esta oportunidad, debido a una modificación del reglamento del funcionamiento de la cátedra, el grupo de alumnos seleccionado contaba con características distintas a los de la primera experiencia. La metodología de trabajo utilizada en esta segunda ocasión fue similar, pero mejorada en función de la información recogida durante la primera vez que se puso en práctica esta actividad académica.

Conceptualmente, para realizar esta actividad, nos basamos en la teoría del aprendizaje significativo, en ella Ausubel, afirma que el mismo ocurre cuando una nueva información se conecta con un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva, es decir que el estudiante relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando y reconstruyendo ambas informaciones en este proceso. Esto implica que las nuevas ideas, conceptos o proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como punto de anclaje a las primeras.

En el presente trabajo se describe en detalle la primera experiencia realizada y en función de esa experiencia, como se implementó la segunda. Se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados logrados y del impacto alcanzado en el rendimiento académico de los alumnos.

## **2. Objetivo**

Los objetivos de la experiencia son:

- Generar una instancia en donde el alumno pueda revisar, identificar y superar las causas de los errores detectados en las evaluaciones de los temas incluidos en el segundo parcial.
- Realizar en forma sistemática una evaluación formativa para apreciar el nivel de avance de cada alumno en la superación de sus errores académicos.

Esta experiencia académica tiene como propósito valorar el impacto que se produce en los rendimientos académicos de los alumnos participantes, cuando se trabaja en forma personalizada, puntualizando y corrigiendo los errores conceptuales y procedimentales

cometidos en los temas incluidos en el segundo parcial y en su correspondiente recuperación.

### **3. Metodología**

#### **3.1 Primera experiencia**

La primera experiencia se llevó a cabo en el 2do cuatrimestre de 2013, los destinatarios fueron los alumnos que habían obtenido 60 puntos o más en la nota ponderada incluyendo a los alumnos que promocionaron en primera instancia la asignatura. Se solicitó a los interesados inscribirse para participar de la misma, requisito que cumplieron 10 alumnos.

La metodología implementada consistió en una interacción docente-alumno en forma personalizada. Se realizaron tres encuentros, a cargo de los profesores de la cátedra, referidos a los temas correspondientes a cada uno de los tres bloques del segundo parcial. En cada día se realizaba un cuestionario previo de una duración de 15 minutos, que eran corregidos y se realizaba una devolución donde el docente a cargo de la corrección comentaba los errores cometidos en los mismos. A continuación, los alumnos analizaban sus parciales (2do Parcial y Recuperación) en forma conjunta con el docente que estuvo a cargo de la corrección del bloque correspondiente al tema de ese encuentro. En ambos casos la intervención docente consistió en destacar y explicar los errores de contenido y procedimiento que presentaban los exámenes, luego se propició preguntas de interacción que surgieron en conversaciones espontáneas con los alumnos, dando lugar a la reflexión sobre las causas del rendimiento académico. Para finalizar esta experiencia, se realizó una nueva evaluación del segundo parcial, con los alumnos que cumplieron con los requisitos establecidos.

#### **3.2 Segunda experiencia**

Esta experiencia se realizó en el 1er cuatrimestre de 2014. En este periodo la cátedra puso en vigencia su nuevo Reglamento de Promoción (aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad), en el cual la diferencia sustancial con el anterior consistía en que los alumnos debían obtener un mínimo del 40 % del puntaje total de cada bloque incluido en cada parcial, para poder seguir como alumnos a promocionar, en caso de no cumplir con ese requisito quedaban como alumnos libres, en el Reglamento anterior solamente se exigía un puntaje mínimo en cada parcial de 40 puntos, para seguir en el sistema de promoción.

En esta oportunidad los destinatarios fueron los alumnos que estaban cerca de la promoción con una nota superior a 60 puntos en la Nota Ponderada (10 alumnos), y los alumnos que no alcanzaron el puntaje mínimo, en un solo bloque, requerido para seguir en el sistema de promoción, pero obtuvieron una nota igual o superior 50 puntos ya sea en el segundo parcial o en su respectiva recuperación. La metodología de trabajo utilizada en esta segunda ocasión fue similar, mejorando la organización en función de la información recogida durante la primera vez que se puso en práctica esta actividad académica.

### **4. Resultados**

#### **4.1 Primera experiencia**

Los alumnos que se inscribieron fueron 10 de los cuales uno de ellos no cumplió uno de los requisitos, quedando fuera de la experiencia.

A continuación se detalla, la situación alcanzada por los alumnos que continuaron con la experiencia.

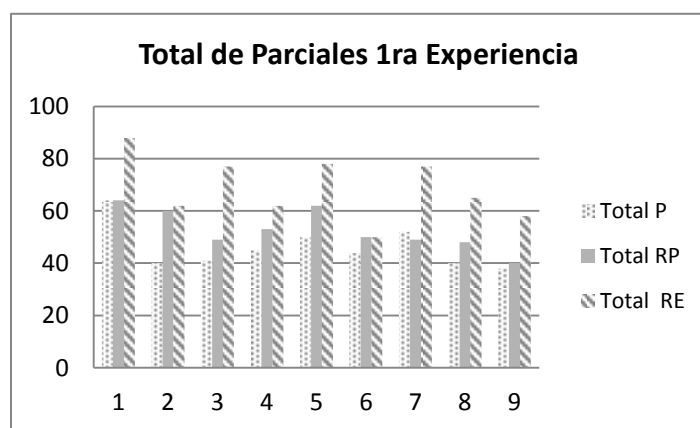
	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia		
Nº	Bloque IV	Bloque IV R	Bloque IV R E	Bloque V	Bloque V R	Bloque V R E	Bloque VI	Bloque VI R	Bloque VI R E	Total P	Total RP	Total RE	CAE	CF
1	13	23	26	20	29	22	31	12	40	64	64	88	Eva Tema	Promociona
2	11	28	24	12	15	22	17	17	16	40	60	62	Eva Tema	Eva Tema
3	14	19	27	5	6	17	22	24	33	41	49	77	Parcial	Promociona
4	10	17	28	16	19	27	19	17	7	45	53	62	Eva Tema	Promociona
5	12	27	25	14	14	22	24	21	31	50	62	78	Eva Tema	Promociona
6	12	18	19	13	15	8	19	17	23	44	50	50	Parcial	Parcial
7	12	17	30	22	21	24	18	11	23	52	49	77	Parcial	Promociona
8	13	11	27	11	21	14	16	16	24	40	48	65	Eva Tema	Promociona
9	11	23	25	22	13	18	5	4	15	38	40	58	Parcial	Eva Tema

**Tabla 1.** Datos de resultados de evaluaciones en segundo parcial, recuperación y recuperación especial.

En la tabla 1, en la columna CAE (Condición antes de la experiencia), puede observarse que de los nueve alumnos que concluyeron la experiencia 5 de ellos contaban con una nota ponderada superior a 65 puntos, por lo cual accedían en la instancia global a rendir solo una evaluación por tema, de los cuales 4 alcanzaron la promoción (columna CF: Condición final después de la experiencia), mientras que de los que accedían a rendir un parcial, 2 alcanzaron la promoción y 1 pasó a rendir una evaluación por tema según el régimen de evaluación continua (Almazán et al., 2013).

**Figura 1.** Gráfico comparativo de resultados finales de las tres etapas de evaluación.

Observando la Figura 1 y la Tabla 1, notamos que si bien las notas en los bloques correspondientes a las distintas etapas de evaluación presentan oscilaciones (aumentos o disminuciones), la tendencia en la figura de la nota total es creciente en general.



## 4.2 Segunda experiencia

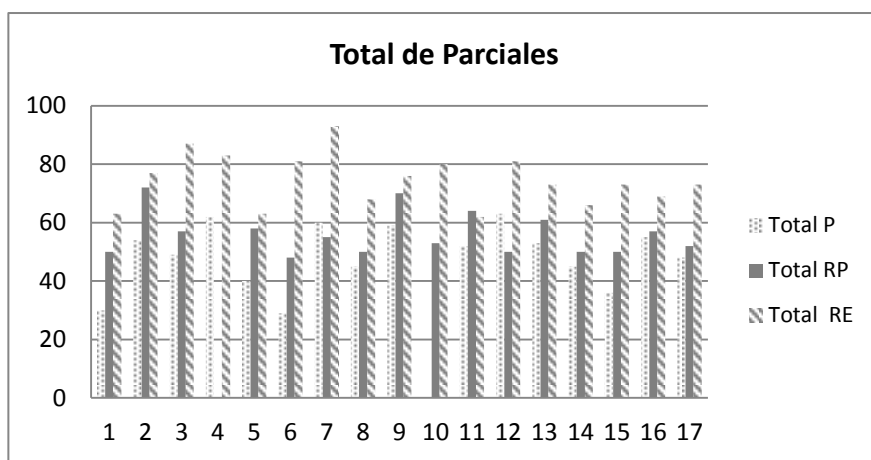
En esta segunda experiencia teniendo en cuenta la modificación mencionada anteriormente de los destinatarios, se inscribieron 20 alumnos de los cuales 17 cumplieron con los requisitos impuestos por la cátedra.

A continuación se detallan en la siguiente tabla los resultados obtenidos por los alumnos en cada instancia de evaluación analizada.

	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia	2do Parcial	Recuperación	Experiencia		
Nº	Bloque IV	Bloque IV R	Bloque IV R E	Bloque V	Bloque V R	Bloque V R E	Bloque VI	Bloque VI R	Bloque VI R E	Total P	Total RP	Total RE	C A E	C F
1	17	20	16	5	19	23	8	11	24	30	50	63	Libre	Promociona
2	13	27	24	20	24	21	21	21	32	54	72	77	1 Parcial	1 Parcial
3	22	22	28	9	10	27	18	25	32	49	57	87	Libre	Promociona
4	16		24	17		27	29		32	62		83	Eva Tema	Promociona
5	12	23	18	15	19	20	13	16	25	40	58	63	1 Parcial	1 Ev Tema
6	9	21	26	19	13	25	1	14	30	29	48	81	1 Parcial	Promociona
7	21	15	31	29	23	27	10	17	35	60	55	93	1 Parcial	Promociona
8	20	14	18	13	11	18	12	25	32	45	50	68	Libre	1 Parcial
9	27	28	27	14	23	20	18	20	29	59	70	76	1 Eva Tema	Promociona
10	Aus	23	23	Aus	20	30	Aus	10	27	Aus	53	80	Libre	Promociona
11	28	25	24	13	18	16	11	21	22	52	64	62	1 Parcial	1 Parcial
12	30	22	23	20	20	27	13	8	31	63	50	81	Libre	Promociona
13	19	25	21	16	22	26	18	14	26	53	61	73	1 Eva Tema	Promociona
14	19	21	16	7	18	25	19	11	25	45	50	66	Libre	Promociona
15	2	26	25	11	17	21	23	7	27	36	50	73	Libre	1 Parcial
16	24	23	24	21	19	22	10	15	23	55	57	69	1 Eva Tema	Promociona
17	22	21	26	17	16	18	9	15	29	48	52	73	1 Parcial	1 Eva Tema

**Tabla 2.** Datos de resultados de evaluaciones en segundo parcial, recuperación y recuperación especial.

Se puede observar que 7 alumnos estaban en condición de libre por no cumplir el requisito de aprobar todos los bloques, después de esta oportunidad, 5 de ellos promocionaron la asignatura y 2 pasaron a la etapa global, a recuperar un parcial. Los 3 alumnos que recuperaban una evaluación por tema y llegaron a esta instancia promocionaron la asignatura. Y por último de los 6 alumnos que rendían 1 Parcial en la etapa global, 2 promocionaron, 2 pasaron a rendir una evaluación por tema y 2 se mantuvieron.



**Figura 2.** Gráfico comparativo de resultados finales de las tres etapas de evaluación.

Nuevamente en esta experiencia puede observarse una tendencia creciente en la nota final de las distintas etapas de evaluación.

#### 4.2.1 Resultados de las Encuestas

Resultados de la encuesta realizada después del 6 de agosto de 2014, dirigida a los alumnos que recibieron las clases de apoyo para corregir los errores conceptuales y procedimentales cometidos en el segundo parcial. Se utilizó la siguiente escala para responder la encuesta.

Escala	
1	De manera optima
2	De manera aceptable
3	De manera regular
4	No fue muy evidente
5	No mejoró este aspecto

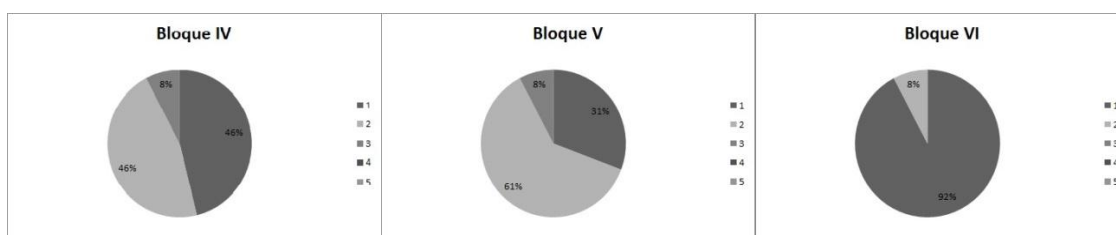
**Tabla 3.** Escala de respuestas de la encuesta.

Solicitando opinión sobre los siguientes aspectos:

Aspectos a responder	1	2	3	4	5
Identifico los errores cometidos	7	6			
Identifico las causas de los errores cometidos	3	10			
Entendió mejor los aspectos teóricos de los distintos temas	10	3			
Durante el parcial, pudo corregir los errores cometidos en el anterior parcial	4	6	3		
Logró confianza para resolver los distintos ejercicios del parcial	6	7			
Logró identificar mejor las curvas, como intersección de superficies	6	5	2		
Logro identificar los sólidos encerrados por superficies y sus proyecciones sobre los planos coordenados	7	5	1		

**Tabla 4.** Resultados de los aspectos consultados en la encuesta.

A continuación responda en qué medida mejoró sus conocimientos en los distintos bloques, tanto en los aspectos teóricos como en los prácticos, más allá de su rendimiento en el parcial.



**Figura 3.** Gráfico que muestra la apreciación de los alumnos en la mejora de conocimientos en los distintos bloques.

A fin de mejorar a futuro esta experiencia, indique las sugerencias que considere oportunas:

No creo que sea necesario hacer cambios en esta etapa extra, en mi opinión los resultados fueron óptimos.  
 Considero que la oportunidad que dieron de recuperar el parcial a los que tenían más de 50 y no habían aprobado el parcial fue muy buena, ya que a mí me permitió fortalecer mis conocimientos sobre el mismo.  
 Considero oportuno no realizar disminuciones de puntajes significativos en errores algebraicos.  
 Si se sube o se baja el nivel del parcial puede sorprender al alumno “desprevenido”, por lo tanto es mejor mantener el mismo nivel.  
 No tengo sugerencias para mí estuvo bien.  
 No tengo ninguna sugerencia, estoy muy conforme con la manera en que se desarrolla los temas de la materia.  
 Aclarar detalles teóricos

**Tabla 5.** Opiniones y sugerencias de los alumnos respecto de la experiencia.

La encuesta fue respondida por 13 alumnos de los que participaron de la segunda experiencia.

El 100% reconoce haber identificado sus errores y la causa de manera óptima a aceptable. El 77 % declara haber comprendido mejor algunos aspectos teóricos y más del 90% de los alumnos asume haber mejorado su rendimiento por bloque.

## **5. Conclusiones**

El estudiante al no realizar una autoevaluación de su proceso de aprendizaje, no es consciente de las causas de los errores cometidos en las instancias de evaluación.

Esta experiencia le permitió al alumno la reelaboración de los conceptos y la incorporación de los mismos a su estructura cognitiva, estableciendo una relación lógica y significativa con los conocimientos que ya poseían, de manera de mejorar en forma sustancial su rendimiento académico, en la mayoría de los casos, cuestión corroborada con los resultados logrados en la evaluación implementada, como cierre de esta actividad académica.

En base al análisis de la información cualitativa y cuantitativa recogida, se concluye que estas actividades fueron de mucha utilidad, tanto para la cátedra como para los alumnos que participaron en esta experiencia. Para la cátedra, porque puede presentar una propuesta superada en el próximo cuatrimestre y para los alumnos, que lograron mejorar su rendimiento académico, en un alto porcentaje, alcanzando la promoción de la asignatura, principal objetivo de esta experiencia.

## **6. Bibliografía**

Almazán, J.; Copa, B.; Dip, S. (2013). La evaluación continua en la enseñanza de la ingeniería. IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA.

Gonzalez, F.; Novak, J. (1993). Aprendizaje significativo : técnicas y aplicaciones. Madrid : Cincel. 263

Purcell, E.; Varberg, D.; Rigdon, S. (2007). Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Rinaudo, M.; de la Barrera, M.; Donolo, D. (1997). Motivación para el aprendizaje en alumnos universitarios. R.E.M.E. vol. IX 22.

Stewart, J. (2010). Calculo de varias variables. Cengage Learning Editoroes. S.A.

Sanjurjo, L.; Vera, M. (1998). Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles medio y superior. Rosario : Homo Sapiens Ediciones. 169 p.

Santaló, L. Vectores y tensores con sus aplicaciones. Manuales. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

## **19TCE - EQUIPAMIENTO DIDÁCTICO PARA APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA**

**PIROG, N.<sup>1</sup>; OMAR, L.<sup>1</sup>; ORUÉ, M.<sup>1</sup>; ALZUGARAY, G.<sup>1</sup>.**

**1. Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)- UTN Santa Fe  
Lavalse 610- 3000- Santa Fe- Argentina  
E-mail: [gloriaalzugaray@gmail.com](mailto:gloriaalzugaray@gmail.com)**

### **Resumen**

El conocimiento del mundo contemporáneo supone la profundización y complementareidad de los aprendizajes fundamentales, es así que el equipamiento dirigido a aplicaciones relacionadas con la actividad ingenieril futura propone al alumno un marco más realista.

El equipamiento desarrollado originó un espacio de trabajo el Laboratorio de Tecnologías Aplicadas dentro del Grupo de Investigación de Educación en Ingeniería, que tiene como propósito la construcción de prototipos que resultan en una herramienta didáctica donde se proponen diversas situaciones de aprendizaje; en muchos casos a modo de cierre conceptual y en otros como motivadoras para el descubrimiento y la comprensión de conceptos, fenómenos, procesos, transformaciones y cambios vinculados al trabajo profesional.

Dado que el Laboratorio de Tecnologías Aplicadas es un espacio social especializado, recortado y en contexto, que a partir de lo expuesto anteriormente, lo podemos definir como una realidad integradora, compleja y reflexiva en la cual se unen la teoría y la práctica como síntesis del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los prototipos fueron contruidos por becarios y docentes en el Laboratorio de Tecnologías Aplicadas, los mismos están diseñados con la intención de llevar a cabo distintas formas de accionamiento sobre las entradas de un PLC, una pantalla táctil, un variador de velocidad y distintos accionadores (pulsadores e interruptores), y ver su respuesta de acuerdo a la programación cargada, en las salidas de los mismos.

Se diseñaron actividades empleando los prototipos contruidos, que favorecieron la integración con la función profesional.

### **Introducción**

En carreras de ingeniería, las actividades didácticas deben ser utilizadas por los docentes como instrumento de integración de contenidos tanto disciplinares como multidisciplinarios, siendo una herramienta insoslayable para la enseñanza y el aprendizaje. Por ello los diseños y desarrollos de las mismas constituyen un campo de estudio, generando cuestiones, elementos y materiales susceptibles de ser sometido al análisis, evaluación e investigación permanente.

En este trabajo se incorporan aspectos tecnológicos a los materiales didácticos clásicos que se utilizan para el desarrollo de las clases de Electrónica de la carrera de Ingeniería Mecánica, integrando conceptos de las distintas asignaturas del área Electrónica y Sistemas de Control a través de las aplicaciones de detectores electrónicos para el control de dispositivos o el accionamiento de un motor trifásico (prendido/apagado y sentido de giro); instrumentos para la medición de magnitudes físicas (sensores /

transductores), tratando de lograr la vinculación a consignas plasmadas en prácticas que guían no sólo la construcción y descubrimiento del conocimiento, sino que son consideradas una experiencia laboral de iniciación. Se describen en este trabajo kits didácticos (Pirog, et. al, 2012) para la enseñanza-aprendizaje basada en un Control Lógico Programable (PLC Zelio) y su respectivo programa de operación (Zelio Soft), para la vinculación de la mayor cantidad de dispositivos (PLC, HMI, placa de comunicación bluetooth, variador de velocidad, contactores) a la alimentación de un motor trifásico para realizar simulaciones acorde a diversas situaciones que se pueden presentar en los procesos industriales.

### Descripción del equipamiento

Los módulos están diseñados con el objetivo fundamental de poder desarrollar distintas formas de accionamiento sobre las entradas de un PLC, una pantalla táctil, un variador de velocidad y distintos accionadores (pulsadores e interruptores), y ver su respuesta, de acuerdo a la programación cargada, en las salidas de los mismos

Los elementos que componen los módulos son:

- P.L.C. Marca: Schneider Electric. Modelo: SR2B121BD
- P.L.C. Marca: Schneider Electric. Modelo : SR3B261BD
- Modulo Ethernet. Marca: Schneider Electric. Modelo : SR3NET01BD
- Llave Térmica. Marca: Schneider Electric. Modelo: C60N – C16
- Disyuntor Térmico. Marca: Schneider Electric. Modelo: 40 A – In 30mA
- Interfaces electromecánicas. Marca: Zoloda. Modelo: IZB15-250AG
- Pantalla Táctil. Marca: Schneider Electric. Modelo: HMI STO 501
- Variador de Velocidad. Marca: Schneider Electric. Modelo: Altivar 312 H055M2
- Motor Trifásico Asíncrono. Marca: Czerweny. Modelo: 1AL 801-4 B3
- Placa Bluetooth 8 Reles – RGB. Marca: Electro Tas
- Contactor. Marca: Schneider Electric. Modelo: TeSys D – LC1 D09
- Testigo luminoso de LED. Marca: Slan. Modelo: SLD 16-22D
- Guardamotor. Marca: Schneider Electric. Modelo: TeSys GV2 –LE

*Imagen 1: Módulos didácticos*





## **Metodología**

El objetivo de generar actividades a través de múltiples kit didácticos, implica el desarrollo de herramientas para favorecer la activación de múltiples procesos cognitivos en los estudiantes, que conduzcan a establecer diversas relaciones significativas entre la información recibida y el entorno.

Las actividades se realizan año a año en cursos de 45 alumnos (en promedio) pertenecientes a la asignatura Electrónica y Sistemas de Control; la misma corresponde al cuarto nivel de la carrera de Ingeniería Mecánica.

En un primer análisis cualitativo de los informes y exposiciones de los alumnos se apreció el gran entusiasmo en desarrollar trabajos de aplicación real a la industria y en el medio donde desarrollaran sus actividades profesionales.

Al examinar los trabajos presentados por los estudiantes, se percibe que el uso de los kit didácticos ha contribuido a organizar un modelo que integra los contenidos teóricos, los trabajos prácticos de laboratorio, la resolución de problemas, la simulación, uso de software libre y la utilización de elementos de censado y medición de variables. Se evidencia en los informes que han integrado los conocimientos, estas acciones les han exigido un alto nivel de comprensión, lo cual se ve reflejado en lo que han escrito y, por tanto, les ayuda en la construcción de modelizaciones. La metodología aplicada ha logrado un alto grado de compromiso por parte de los alumnos en el proceso de aprendizaje, resaltando el carácter integrador de la experiencia; además sale a la luz la motivación por la resolución de problemas reales con base en la formación en la temática de la cátedra antes mencionada.

El material presentado por los estudiantes, establece un conjunto de parámetros que enmarcan la resolución del problema con casos reales, esto contribuye a afianzar la confianza del alumno en sus conocimientos y su aplicabilidad, despejando las dudas preexistentes en la presentación oral.

Los estudiantes se organizaron formando grupos de cuatro alumnos cada uno, si bien no todos programaron la secuencia más eficiente en lo que respecta a optimización de la memoria de programación o simplicidad en los algoritmos utilizados, es destacable el hecho de que todos los grupos resolvieron las tareas propuestas por el equipo docente, cumpliendo con los requisitos del trabajo práctico.

Un primer análisis cualitativo de los informes y exposiciones de los alumnos se apreció el gran entusiasmo en desarrollar trabajos que tienen una aplicación real en la industria y en el medio donde desarrollarán sus actividades profesionales, pudiendo destacar que:

- Durante la intervención didáctica los estudiantes pusieron de manifiesto representaciones que culminaron en la autoevaluación con niveles adecuados de conceptualización.
- La información ofrecida a los estudiantes a través del entorno de aprendizaje del kit didáctico promovió que sean ellos mismos quienes avancen en la construcción de su propio conocimiento mediante la indagación y planteo de situaciones no tradicionales, favorecida por una inmediata visualización.

Finalmente, el trabajo permitió recuperar y reelaborar conceptos desarrollados en las asignaturas del Área de Electrónica y Sistemas de Control posibilitando una profundización del proceso de aprendizaje y el desarrollo de habilidades metacognitivas en los propios estudiantes.

A través del estudio se han identificado aspectos que deben orientar algunas mejoras a la propuesta, tales como:

- La incorporación de nuevas actividades de integración del ciclo de Tecnologías Básicas con el ciclo de Tecnologías Aplicadas, vinculando aspectos de interés profesional para las carreras de ingeniería, que fueron reclamadas como necesarias por los estudiantes en las exposiciones orales. Esto debe ser complementado con un avance acerca de los modos de organizar el contenido de los problemas como expresión de criterios amplios donde la mirada docente se posicione no sólo en lo conceptual a enseñar, sino en el contexto en que ese contenido será requerido en instancias específicas de asignaturas vinculadas con la función profesional, dentro del ámbito universitario y, posteriormente, ante las demandas del ejercicio laboral.
- El avance en investigaciones sobre otros contenidos y la necesidad de complementar con problemas de “lápiz y papel” e incorporar el uso de simulaciones que aporten en la construcción de concepciones científicamente adecuadas de los distintos contenidos abordados.
- La formación de docentes auxiliares y becarios dentro de la Cátedra de Electrónica de la FRSF-UTN para que continúen aplicando la propuesta didáctica, sobre todo considerando que muchos de los docentes son ingenieros sin formación didáctica específica.

## CONCLUSIONES

En cuanto a la evaluación del trabajo realizado por los estudiantes en forma escrita y oral, se tuvo en cuenta que tipos de sensores seleccionaron para las distintas instancias del proceso explicando el motivo de dicha elección. En el informe escrito se solicitó la descripción detallada de la resolución del proceso, las características del programa y la selección de la instrumentación, anexando sus correspondientes hojas de datos.

Es evidente que en las carreras tecnológicas los trabajos deben incorporar conceptos básicos y conocimientos especializados para realizar labores concretas propias de la ingeniería, estas son necesarias para lograr en los alumnos una correcta formación.

Por otra parte la capacidad para aplicar sus conocimientos a la resolución de problemáticas relacionadas con situaciones del mundo laboral, destreza para manejar ciertas tecnologías y para trabajar con información, así como relacionarse con otros, y trabajar en equipo estimula la motivación y generación por parte de los alumnos beneficiados.

En esta propuesta se incorporan aspectos tecnológicos, a los materiales didácticos que se utilizan para el desarrollo de las clases, integrando PLC y detectores electrónicos para el control de algún dispositivo, motores etc. Se logra así que la complementación entre los instrumentos de medición y simulaciones diseñadas en entornos virtuales, y las consignas plasmadas en las actividades, genere en los alumnos el descubrimiento, construcción y desarrollo de conocimientos técnicos y que están asociados para formar parte de una experiencia de iniciación compatible con la laboral.

Los resultados obtenidos muestran una proyección superadora en los procesos cognitivos puestos en juego por los grupos de estudiantes. La metodología aplicada ha logrado un alto grado de compromiso por parte de los alumnos en el proceso de aprendizaje, resaltando el carácter integrador de la experiencia.

## Referencias

- Barberá, O. y Valdés, P (1996) El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias* 14(3) pp.365-379
- Creus Solé A. (1997) Instrumentación Industrial (6ª Edición). Marcomobo, Boixareu Editores, Barcelona.
- García Moreno E. (1999) Automatización de Procesos Industriales. Alfaomega, Universidad Politécnica de Valencia, 85-185.
- Mayol A., Badia I. (2000) Automatas Programables. Serie Productica , Editorial Alfaomega
- Oliva, J.M. y Matos, J. (2000). La ciencia recreativa como recurso para la enseñanza de las ciencias y el desarrollo profesional docente. *Perspectiva CEP*, 1, pp.89-102 Perales y Cañal.
- Pirog, N., Faccioli B., Orué, Alzugaray G. (2012). Los trabajos prácticos como materiales didácticos para aplicaciones tecnológicas en carreras de Ingeniería. Foro Mundial en Educación en Ingeniería. Vol. 1, pp.160-167 ISBN: 978-987-1896-03-5, EdUTecNe
- Porras A., Montanero A.P., 1996, Autómatas Programables: fundamento, manejo, instalación y prácticas. McGraw-Hill, Madrid.
- Szklanny S., Behrends C. (1995), Sistemas Digitales de Control de Procesos (2ª Edición). Editorial Control S.R.L., 27-68.
- <http://www.schneider-electric.com.ar/sites/argentina/es/productosservicios/automatizacion>
- Formación autodidacta en Zelio logic:**
- [http://www.herrera.unt.edu.ar/eiipc/material/apuntes/tutorial\\_zelio.pdf](http://www.herrera.unt.edu.ar/eiipc/material/apuntes/tutorial_zelio.pdf)

## **20TCE - PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA ELÉCTRICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA**

**CARRERI, R<sup>1</sup>; MARINO, L<sup>2</sup>; ALZUGARAY, G<sup>1</sup>.**

**1. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral y Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)- UTN Santa Fe**

**Lavaise 610-3000-Santa Fe-Argentina**

**E-mail: gloriaalzugaray@gmail.com**

**2. Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral; Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI)- UTN Santa Fe**

### **Resumen**

En este trabajo se presentan actividades realizadas por alumnos universitarios en clases introductorias de la asignatura Física Eléctrica, en las que se abordaron aspectos tecnológicos y científicos que sostenían los estudiantes al analizar dispositivos tecnológicos de uso doméstico, comercial o industrial o partes de los mismos, tales como: partes de computadoras: fuentes, placa madre, parlantes, plaquetas; motores eléctricos; diferentes sensores; resistores, capacitores e inductores, etc. Las actividades fueron llevadas a cabo por grupos de alumnos en la asignatura Física Eléctrica acompañados por el docente a cargo de la misma. A los alumnos se les solicitó indagar sobre los diferentes dispositivos, considerando una diversidad de aspectos y cuestiones que van desde sus antecedentes, su producción, utilización y sus aplicaciones.

La metodología empleada en la propuesta rescata aspectos que caracterizan a una enseñanza centrada en la exploración e indagación, considerando a dichos procesos educativos mediados por materiales y dispositivos con el uso de la tecnología educativa. Este trabajo pretende reflexionar sobre las relaciones y tensiones que se establecen en la enseñanza de la Física Eléctrica en carreras de Ingeniería, donde los estudiantes demandan visualizar aplicaciones de los contenidos a su futura práctica profesional. Esta propuesta se llevó a cabo con los alumnos que asistieron a un curso de Física de Eléctrica de segundo año para las carreras de Ingeniería: Mecánica, Industrial y Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Santa Fe.

### **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo pretende reflexionar sobre las relaciones y tensiones que se establecen en la enseñanza de la Física Eléctrica en carreras de Ingeniería, donde los estudiantes demandan visualizar aplicaciones de los contenidos a su futura práctica profesional,. En esta propuesta se explicitan actividades que resultan novedosas y estimulantes en la construcción del conocimiento.

Desde los orígenes de la tecnología educativa se creyó que los diferentes recursos que se demandan, garantizan la transferencia de conocimientos en el sistema educativo (cita??); sin embargo hay que reconocer sus alcances, límites y posibilidades y con ello el potencial valor pedagógico de su incorporación a las aulas. Por otra parte pensar el uso de las tecnologías educativas solo como un factor motivacional o como un ingrediente que despierta el interés de los estudiantes es ubicarla en los “contornos” y

no en la “médula” de las actividades pensadas y diseñadas por los docentes para la enseñanza (Burbules N. y Callister T., 2001).

Es claro que el uso que hacen los docentes que enseñan la disciplina física, de la tecnología en las aulas, son un instrumento para proponer y realizar actividades motivadoras. Al respecto Litwin (2008) expresa: “Creemos que difícilmente están explotadas todas las maneras de operar que proveen las tecnologías, pero todas esas maneras se inscriben en el camino del usuario de ellas; si aportan sus potencias también aportan sus limitaciones. La conciencia de los límites que presentan, las formas de operar que imponen, cuánto ganamos y a la vez cuál es la pérdida es la única manera de afrontar que las tecnologías cuando son usadas también nos usan”.

En las prácticas educativas relacionadas a cuestiones sobre el uso de la tecnología subyacen dos paradigmas, aquel en que la propuesta se basa en utilizar un producto tecnológico hecho para fines no educativos (material educativo) y la otra en donde se “crea” un nuevo producto para la enseñanza (material didáctico). El que se utilice una u otra, revela criterios y supuestos de su elección pudiendo reconocerse los siguientes fines (Litwin, E, 2008): 1- uso y traspaso de la información contenida en diferentes medios, siendo ampliamente utilizada fundamentalmente a nivel inicial y básico sin ser privativa de esos niveles; 2-Didáctica silenciosa y tecnología silenciada, ampliamente utilizada a nivel medio donde se establecen enlaces entre la información provista por productos de valor artísticos y estéticos (por ejemplo algún video, una película, un chiste, una fotografía, una poesía, un relato, etc.) y los contenidos a desarrollar en la disciplina. Es posible incorporar a esta categoría diversos dispositivos tecnológicos de uso doméstico, comercial o industrial, materiales e instrumentos (radio, y sus partes, lámparas de iluminación, Computadoras y sus partes, celulares, válvulas y dispositivos de control, sensores de diversas magnitudes, imanes, componentes de dispositivos diversos, etc.) que sin haber sido diseñadas con fines educativos, conforman lo que se puede denominar como “materiales de valor” para la enseñanza. Cuando estos materiales son suministrados a los alumnos, éstos deberían establecer relaciones estrechas entre lo factual y los contenidos que se pretenden abordar, pudiéndose decir que el material escogido cumple una función de “didáctica silenciosa”.

En las aulas de educación superior los docentes a menudo son más “usuarios” de las tecnologías que los de los otros niveles (cita???). La creación o la obtención de buenos materiales para la enseñanza implica la posibilidad de reutilización de los mismos, su adaptabilidad y versatilidad para enfrentar diferentes situaciones dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (Polsani, 2003). Así las tecnologías se hallan imbricadas en la propuesta didáctica, en las formas de promoción de la construcción del conocimiento en el aula. Se busca resignificar la tarea docente desde la reflexión, planificación y concreción en el aula, para que luego continúen procesos colectivos e individuales donde se sabe que algo posiblemente “nuevo” comienza.

En la propuesta, la enseñanza del contenido está basada en la pedagogía de la comprensión, en donde según Perkins (2001) el término comprensión refiere a “comprender cada pieza en el contexto del todo y concebir el todo como el mosaico de sus piezas”. Así se propone un conjunto de actividades a desarrollar por el colectivo docente-alumno donde se recupere y aborde el conocimiento desde la ciencia y en particular de la física a partir del estudio de diferentes dispositivos tecnológicos

considerando su funcionamiento, su producción, las leyes y principios inherentes a su funcionamiento, los materiales utilizados en su elaboración y sus aplicaciones.

Los trabajos de especialistas (Litwin et al, 1995, Libedinsky, 2001 y Liguori y Noste, 2007) sobre las tecnologías, intentan indicar el camino donde se desplazan: sean estas las tradicionales, las producidas o las sofisticadas. Hacer atractiva y potenciar la enseñanza no es un tema de herramientas aún cuando la misma puede economizar recursos, resultar motivante o ejemplificadora. Los contenidos debieran ser actualizados, desafiantes, vinculados con los intereses y hábitos de los estudiantes. Debe quedar claro que las nuevas tecnologías posibilitan y probablemente los potencian sin embargo no definen los contenidos curriculares en particular ni eliminan los esfuerzos que deben realizar los docentes en su diseño y organización como también los estudiantes por aprender.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES Y PRESUPUESTOS.**

Tradicionalmente la Física en el nivel universitario inicial en carreras de Ingeniería, aborda ineludiblemente contenidos del campo de la física mecánica, el electromagnetismo y la óptica y termodinámica. Por ello, los materiales seleccionados para interpelar dichos contenidos fueron escogidos por sus relaciones y vinculaciones a los que prescriben los diferentes programas analíticos en dichos cursos.

Los “materiales destinados para la enseñanza” que se prevé usen, en la primer clase de Física Eléctrica, los alumnos y docentes de la asignatura son: materiales tecnológicos algunos de ellos conocidos parcialmente por los alumnos, podrían ser de uso cotidiano o que constituyan parte de aparatos, dispositivos, instrumentos de detección y medición de propiedades y magnitudes físicas y materiales diversos de uso en el campo de la mecánica, el electromagnetismo o la termodinámica u óptica todos ellos afines a la disciplina que se va a desarrollar e integrados a consignas que guían la construcción y el conocimiento mediado por materiales escritos, visuales y sonoros tales como: bibliografía especializada de la temática, relatos de divulgadores de la ciencia, publicaciones de especialistas, videos, materiales multimediales, softwares, simulaciones.

A partir del análisis y estudio de estos materiales provistos, se les requiere a los alumnos la utilización y realización de dibujos, esquemas, descripciones, modelizaciones, deducciones, razonamientos, inferencias, cálculos matemáticos, búsqueda de información, análisis y narraciones de lo actuado poniendo en práctica un conjunto de habilidades cognitivas donde afloren sus conocimientos y concepciones sobre los mismos, de modo de posibilitar el aprendizaje de saberes relacionados al material de estudio y que se debieran incorporar significativamente en los diseños curriculares de la disciplina de estudio.

En el inicio de la clase, el docente realiza una breve descripción general de los “materiales de enseñanza” que se utilizarán y posteriormente se analiza y justifica su organización y agrupamiento de acuerdo con las categorías creadas que permitan realizar un seguimiento de los aprendizajes.

## CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Las actividades fueron desarrolladas por 10 grupos de 2 a 4 estudiantes a los que se les solicita información sobre los antecedentes, los principios de funcionamiento, las posibles reglas que rigen la producción y función de los dispositivos, las condiciones sociales en las fue desarrollado, los materiales utilizados, las fuentes y posibles aplicaciones.

En el inicio de las actividades en el aula, se explicitan a los alumnos las condiciones y requerimientos para el desarrollo de los contenidos en general y las actividades a realizar. Luego se constituyen los grupos de alumnos para trabajar con los materiales que se presentan en la tabla 1. Las consignas establecidas en la tabla 2 sirven de guía para el trabajo a realizar con la información a recopilar, analizar y aplicar.

Grupos	Materiales provistos para la enseñanza
A1 y A2	Lámpara de bajo consumo. Lámparas de filamento. Arrancador de tubo fluorescente. Linterna a pila. Celda fotovoltaica. Diferentes Leds.
B1 y B2	Motores eléctricos. Motor paso a paso. Reles de automóvil. Motor vibrador. Regulador de velocidad de un ventilador.
C1 y C2	Dispositivos o partes de dispositivos eléctricos: Resistores diversos. Condensadores. Inductancias varias. Diodos Placas circuitales con los elementos mencionados. Válvula con sensor detector de paso de gas. Transformador de celular. Fuentes de PC-
D1 y D2	Sensores y exploradores de campo eléctrico y magnético: Brújulas. Imanes permanente. Disco rígido de una PC. Sensor de alarma antirrobo objetos.
E1 y E2	Sensores de Temperatura: Termómetro de alcohol, mercurio. Termocuplas varias. Bimetálico. Termostato de automóvil.

**Tabla 1:** Dispositivos que se suministran a los diferentes grupos de alumnos conformados.

En la tabla 2 se describen requerimientos que deben trabajar los alumnos con el acompañamiento docente.

1) Representación gráfica y/o esquemática. Dibujo y/o fotos de sus partes. Descripción general
2) Nombre identificador y/o denominación vulgar y científica asignada a los materiales estudiados.
3) Identificación de partes y sus funciones del material provisto. (componentes, propiedades, funciones, etc)
4) Descripción del dispositivo (morfología, dimensiones, materiales utilizados, etc.)
5) Funcionamiento de alguna parte o del total, posibles usos de los mismos. (las reglas y principios válidos como su utilidad). Ventajas y desventajas respecto a otros dispositivos.
6) Leyes y principios de la ciencia implicada en el funcionamiento del todo o partes del dispositivo de estudio (Conceptos, reglas, leyes, principio generales de la mecánica, electromagnetismo, óptica, termodinámica).
7) Fuentes de información a explorar y posibles experimentos y aplicaciones a realizar.
8) Búsqueda de simulaciones, softwares sobre el comportamiento y funcionamiento de los materiales estudiados en internet: elementos, aparatos, dispositivos.

**Tabla 2:** Consignas a considerar por los grupos de alumnos para la realización del trabajo y elaboración del informe

A los grupos de alumnos se les entrega los materiales sin suministrar la descripción tecnológica y/o científica de los mismos y que será insumo en su estudio para la confección del informe basado en los requerimientos formulados en la tabla 2. Dichos requerimientos podrán ser modificados por el docente de acuerdo a su experiencia y el grupo de alumnos que se presenten. Los ítems 1 a 8 demandan una discusión en el

grupo, una búsqueda e intercambios de información, la investigación y estudio de dichos dispositivos y finalmente su análisis, todo ello en forma grupal. Para su desarrollo se proveerán los recursos necesarios que garanticen la posibilidad de realización de la práctica deseada, disponiéndose de las herramientas necesarias que viabilicen la construcción de los conocimientos a apropiarse. El docente guiará y asesorará para avanzar con las consignas establecidas como la de haber confeccionado una narrativa de lo actuado y de aquello que buscarán socializar al conjunto de alumnos. Para facilitar ciertos abordajes y desarrollos también se podrán disponer de otros materiales que refuercen y faciliten la enseñanza, por ejemplo PC o Notebooks de uso en aula con conexión a Internet, libros de texto disciplinares y otros relacionados con las temáticas, multímetro con diferentes funciones como instrumento de caracterización de los elementos provistos y de alguna herramientas básicas si se requiriera como son las pinzas y destornilladores diversos. El tiempo estipulado para dicha tarea es de unas 3 a 5 horas aproximadamente. A medida que se desarrollan las tareas fundamentalmente de discusión y análisis, los alumnos deberán ir registrando y confeccionando el informe que presentarán una vez finalizado el conjunto de actividades demandadas. Finalmente se realiza una socialización colectiva de lo producido mediante la presentación de cada uno de los grupos de lo actuado. Se prevé que todo este proceso demanda alrededor de 4 a 6 horas de trabajo en el aula, entre los grupos y los docentes de la asignatura.

Las consignas requerirán de intercambios y acompañamiento docente con diferente grado de intervención, regulándose según las necesidades manifestadas por los distintos grupos. Los requerimientos expresados en el cuestionario se podrán modificar cuando las circunstancias lo justifiquen, así hasta el requerimiento 5 inclusive los alumnos podrán responder con diferente corrección según su formación y experiencia previa obtenida con dichos materiales. Si se presentaran dificultades se tratará de proporcionar un mayor acompañamiento en la tarea que realizan. Por lo general los estudiantes encuentran un desafío superior en las cuestiones demandadas 5 y 6, debido a la ausencia o en el mejor de los casos limitaciones de conocimientos teóricos-prácticos de la disciplina que se pretende desarrollar. El interés y la experiencia individual obtenida por cada uno de los integrantes de los grupos en su formación escolarizada determinarán el grado de acompañamiento docente que posibilita la confección y comunicación de las cinco primeras cuestiones. Probablemente en los requerimientos demandados en el ítem 6 de la tabla 2 se manifiestan ciertas limitaciones de los alumnos, esta presunción está basada en los aspectos demandantes de la misma, donde se deberá tener un conocimiento no solo descriptivo de los fenómenos y dispositivos con su modelización sino de las conceptualizaciones provistas por las disciplinas físico-matemáticas para su aprendizaje, es decir de principios y leyes de la física que posibilitan su fundamentación. Estas posibles limitaciones justifican un abordaje a partir de lecturas de Bibliografía especializada, de mayor profundidad de contenidos, mostrando la necesidad de cierta formalización y modelización en la producción y desarrollo del conocimiento.

Respecto a los requerimientos demandados en los ítems 7 y 8, en general los alumnos podrán responder de modo acotado, dejando el espacio abierto para abordarlo con conocimientos disciplinares desarrollados y consolidados mediante la realización de otras prácticas educativas. Algunas de ellas relacionadas con la búsqueda en internet de experiencias y estudios de materiales o dispositivos semejantes a los utilizados sin dejar de lado las valiosas simulaciones (fundamentalmente las interactivas) que evidencien



los fenómenos y los principios fundamentales a considerar, posibilitando una revalorización y consolidación de los conocimientos alcanzados.

Cuestiones a considerar previo al desarrollo de la propuesta, son los rasgos del contexto institucional y educativo en que se interviene. Por otro lado el colectivo de alumnos es muy diverso en cuanto a la formación obtenida en los ciclos educativos anteriores. Lo descripto conforma un contexto posible, con variantes diversas que deberá ser considerado por el equipo docente cuando implementen la propuesta.

## RESULTADOS

En base a las devoluciones de los informes realizados por los alumnos en forma grupal según las consignas expresadas en la Tabla 2 se han podido agrupar y analizar los mismos en diferentes categorías según el nivel de organización y despliegue de los mismos

Categorías	Indicadores	Consecuencias para el aprendizaje y la evaluación
1- Representación	Esquemas, gráficos, explicaciones verbales y simbólicas.	Representaciones esquemáticas. Nivel o grado de explicitación de las representaciones.
2- Función y aplicación	Concepciones relativas al funcionamiento y posibles aplicaciones del dispositivo.	Descripción elemental del funcionamiento de la máquina o mecanismo seleccionado. Medición y relevamiento de los datos necesarios, observación de las condiciones relativas a su uso y aplicación.
3- Reconocimiento de Leyes y principios	Interpretación y aplicación de leyes y principios a los materiales de estudio.	Describir en base al conocimiento científico el funcionamiento de la máquina o mecanismo seleccionado Reconocimiento de los principios y leyes para el funcionamiento de los dispositivos.
4- Accesibilidad a fuentes información	Búsqueda de información. Recopilación y uso de materiales Bibliográfico en diferentes fuentes: página Web, biblioteca electrónica, libros, etc. catálogos.	Adquirir experiencia en la selección y uso de diversas fuentes de información.

**Tabla 3:** categorías, indicadores y consecuencias para el aprendizaje y la evaluación

De acuerdo a la organización del análisis establecido en la tabla 3 y considerando las consignas de la tabla 2 se pueden considerar y valorar los siguientes aspectos destacables:

Según la consigna 1 se registró:

Todos los grupos de alumnos que participaron en la propuesta pudieron realizar una representación esquemática de los materiales utilizados, presentando diferentes niveles de detalle de los mismos con identificación de las partes constitutivas de las mismas. Se destaca que algunos grupos realizaron dibujos y esquemas con vistas y detalles alcanzados mediante diferentes cortes del objeto.

Según las consignas 2 y 3 se advirtió:

En cuanto a la descripción del dispositivo estudiado se presentaron explicaciones con un grado de detalle que iba de lo básico a complejo según el grupo, incorporando dimensiones precisas de ciertas partes del dispositivo estudiado, denotando algún

conocimiento de las magnitudes fundamentales, sus correspondientes unidades y escalas.

La mayoría de los grupos le asignaron una denominación al dispositivo provisto, y en aquellos casos en que esta era tecnológicamente adecuada pudieron descubrir su aplicación.

En cuanto a la identificación de las partes se encontró que no hubo dificultades en el reconocimiento de la mayoría de ellas, aunque las explicaciones sobre su función fueron sumamente acotadas y sin el respaldo científico necesario para su comprensión.

Según las consignas 4, 5 y 6 se reconoció:

Si bien solo algunas partes del dispositivo pudieron ser descriptas por su función, la mayoría estuvieron acotadas por la complejidad del dispositivo.

Se recurrió a leyes de la física para comprender y explicar el funcionamiento de algunos componentes del dispositivo mientras que para explicar el funcionamiento del conjunto resultó insuficiente no solo la base teórica-conceptual disponible sino también su organización. Se destaca lo acotado y fragmentario del uso de algunos conceptos y reglas utilizadas en las interpretaciones.

Según las consignas 7 y 8 se observó:

Diversidad de trabajos de búsqueda de materiales bibliográficos en diferentes formatos. (bibliotecas de diversos centros a información provista por diversos sitios de Internet)

El análisis de la información registrada proporcionó información sobre la calidad de los aprendizajes de los alumnos, esta evaluación cualitativa permite al docente motivar a los alumnos y permite diseñar y/o seleccionar actividades de aprendizaje con mayor discrecionalidad. De esta manera se articulan los recursos tecnológicos para las actividades a desarrollar con alumnos en la disciplina.

Esta propuesta invita a pensar en el modo que se utilizarán los dispositivos tecnológicos seleccionados para integrarlos formalmente en la asignatura Física Eléctrica.

## **REFLEXIONES FINALES**

El carácter de innovación de las nuevas tecnologías de la comunicación e información no se halla en su incorporación y uso diferente a las tecnologías tradicionales (pizarrón, radio, TV, libros, etc.) sino en su carácter de herramienta mediadora que traspasa los límites de su utilización en un sentido político y pedagógico. La popularización de nuevas y diferentes tecnologías permite la interacción de un conjunto de actores tales como son los entes gubernamentales y no gubernamentales, laboratorios de investigación, industrias, universidades, ONG, alumnos, administradores, docentes, investigadores, profesionales y comunidad toda.

Por razones fácticas las nuevas tecnologías se presentan por delante de su posible tratamiento didáctico, de modo que se debería consolidar en el sistema educativo-investigativo la necesidad de incluir indagaciones de estrategias, metodologías que utilizan tecnologías diversas como también incorporar las voces de aquellos que formulan sus interrogantes porque están dispuestos o exigidos a incorporarlas.

Si bien la propuesta que se presenta está orientada y fue aplicada a un curso de Física para la enseñanza en los ciclos iniciales de la universidad, también sería factible implementar en cualquier otro nivel del sistema educativo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bates A. W. (2001). *Cómo gestionar el cambio tecnológico*, Barcelona: Gedisa.
- Burbules N. y Callister T (2001) Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información. Barcelona: Granica
- Liguori, Liliana; Noste, María I. (2007). Didáctica de las Ciencias Naturales. Enseñar a enseñar Ciencias Naturales, Sevilla: MAD.
- Libedinsky, Marta (2001). *La Innovación en La enseñanza*, Buenos Aires: Paidos.
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar. Condiciones y Contextos*, Buenos Aires: Paidos.
- Litwin, E Libedinsky, M; Liguori, L. Lion, C: Lipsman, M; Maggio, M. y Scheimberg, M. (1995). *Tecnología educativa: Política, historias, Propuestas*, Buenos Aires: Paidos.
- Perkins, D (2001). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*, Barcelona: Gedisa.
- Polsani, P. R. (2003): Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital Information*. 3(4), Pp 1-10.

## **21TCE - ¿LABORATORIOS VIRTUALES PUEDEN SER OBJETOS DE APRENDIZAJE?**

**MARIN, M. B.<sup>1</sup>; BARRIOS, T.<sup>1</sup>; CERNADAS, M. A.<sup>1</sup>**

**Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. French 414 – (3500) Resistencia, Chaco. Argentina**

**E-mail: [mbiancamarin@yahoo.com.ar](mailto:mbiancamarin@yahoo.com.ar); [barriosth@gmail.com](mailto:barriosth@gmail.com); [ma\\_cernadas@hotmail.com](mailto:ma_cernadas@hotmail.com)**

### **Resumen**

En la Facultad Regional Resistencia se viene investigando la forma de mejorar el rendimiento académico de los alumnos; para ello hace varios años se comenzó a trabajar con las TIC's como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual permite motivar al alumno y mantener una comunicación más fluida con el docente.

Surgió así la propuesta de idear un Repositorio de Laboratorios Virtuales, integrando los avances obtenidos en los Proyectos de "Modelización de un repositorio de objetos de aprendizaje para la gestión del conocimiento para la UTN-FRRe" con el "Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información", ambas investigaciones abordadas en el Grupo de investigación Educativa (GIE) de esta Facultad.

El desafío es clasificar a los Laboratorios virtuales que se desarrollaron para la cátedras de Física del Seminario Universitario, Física I y Química General, materias de los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información que se dicta en la facultad, de acuerdo al modelo de Objeto de Aprendizaje (OA) y la taxonomía elegida para el proyecto de repositorio; utilizando el instrumento propuesto, para evaluar los laboratorios virtuales vigentes que están plasmados en el campus virtual de la institución académica.

De esta manera, se permitirá a los docentes contar con instrumentos válidos en un lugar accesible, y a los alumnos conocer herramientas que le brindarán conocimiento y práctica de acuerdo a sus necesidades académicas; conformando parte del repositorio institucional como un espacio de mejora constante y accesibilidad año tras año.

### **1. Introducción**

El avance tecnológico a través de la historia ha evolucionado acorde a las características de la sociedad, el desarrollo científico y los medios de comunicación y de transmisión de conocimientos disponible. Área Moreira [1] plantea que las tecnologías existentes, son un factor relevante que estructura, redefine y configura las relaciones sociales, económicas y culturales, y, en consecuencia, la dirección del cambio social. Si no se dan las condiciones sociales ciertos inventos tecnológicos no se generalizarán, y viceversa, ciertas tecnologías tienen tanto impacto sociocultural que condicionan el futuro...

Las tecnologías se consideran aplicaciones concretas y operativas dentro de un contexto social determinado. Para Bunge [2] la ciencia aporta formas de saber, la tecnología aporta formas de hacer (actuar) basada en el saber científico.

La educación no es ajena a estos cambios. Jaime Sarramona [3] plantea que hay dos razones básicas para introducir la tecnología en la educación: **a)** la incorporación de los beneficios que el actuar tecnológico comporta y **b)** la necesidad de que la misma educación tiene de preparar, mediante el correspondiente razonamiento crítico, para una vida donde la tecnología impera de manera inequívoca.

Dentro del ámbito universitario, las TICs juegan un papel preponderante. Tal como lo indica Ana Ortiz Colón [4], en su artículo de Interacción y TIC en la docencia universitaria, “estos contextos van a adaptarse al uso de estas herramientas, así como de las posibilidades que el empleo de las TIC ofrecen al proceso de enseñanza/aprendizaje. Nos estamos refiriendo a la creación de entornos interactivos, diferentes modalidades de aprendizaje, sitios web de las asignaturas, entre otros.”

El uso de las nuevas tecnologías como medios educativos impactan en los procesos enseñanza-aprendizaje ya que posibilitan el acceso ilimitado a la información; representan y transmiten la información a través de múltiples formatos a la vez que eliminan las limitaciones temporales y/o distancias geográficas entre docentes y alumnos formando inmensas comunidades virtuales de aprendizaje, convirtiéndose en una necesidad orientada a elevar la calidad y aprovechar las ventajas que dichas herramientas ofrecen.

En este contexto, “la Facultad Regional Resistencia, no queda al margen de la tecnología y su aplicación en el sector educativo, por lo que está trabajando para superar las variables espacio y tiempo y dando lugar a situaciones de enseñanza nuevas, como así también lograr “retener” al alumno para que pueda completar sus estudios universitarios”[5]. De esta forma, se comprobó que el alumno se motiva y el docente logra un acompañamiento del alumno a lo largo del cursado de la materia.

En la actualidad el Seminario Universitario y varias materias de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, implementaron la modalidad semi-presencial (blended-learning). Con esto se busca que el alumno sea quien planifique, dirija y controle su proceso de aprendizaje, gestionando su estudio en el tiempo y lugar que considera adecuado, logrando un seguimiento personalizado de cada uno.

Dado el auge de implementar aulas virtuales en las cátedras de las carreras que se dictan en la FRRe, y la cantidad y diversidad de materiales académicos se comenzó a investigar, en el marco del proyecto "Modelización de un repositorio de objetos de aprendizaje para la gestión del conocimiento para la UTN-FRRe", los instrumentos de evaluación de objetos de aprendizaje y se presentó una propuesta de evaluación que considera aspectos pedagógicos, didácticos y tecnológicos [6].

Paralelo a esto, dentro del Grupo de Investigación Educativa, se está trabajando en otro proyecto, “Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información”, que tiene como objetivo la investigación e implementación de laboratorios virtuales en determinadas materias de Ingeniería en Sistemas de información seleccionadas como objeto de estudio; y analizar el impacto que provocan los laboratorios virtuales tanto en el rendimiento como en la motivación del alumno. Un laboratorio virtual es un laboratorio

basado en la web, es decir, un laboratorio que sustituye al laboratorio clásico, por sesiones de experimentación virtual, emulando el comportamiento del experimento mediante software.

Inicialmente el proyecto se centró en la búsqueda de herramientas existentes, que se adapten a los programas de las materias, y su implementación. Sin embargo, las necesidades fueron creciendo y surgió la posibilidad de que la Facultad desarrolle sus propios laboratorios. La propuesta incluye el armado de un repositorio de estos laboratorios para que los mismos puedan ser compartidos con la comunidad educativa.

El presente artículo, responde a la pregunta de si un laboratorio virtual es un objeto de aprendizaje, y por lo tanto, se puede realizar un repositorio de objetos de aprendizajes de laboratorios virtuales. Para ello, se clasificaron y evaluaron laboratorios implementados en las distintas materias de acuerdo al modelo y taxonomía adoptado por el proyecto, para determinar la calidad del laboratorio virtual como objeto de aprendizaje.

## **2. Objetivos**

El trabajo tiene como objetivo general determinar si los laboratorios virtuales son objetos de aprendizaje; para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Seleccionar 3 (tres) laboratorios virtuales implementados en el marco del proyecto, pertenecientes a las cátedras de Física I y Química General de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información y el módulo del Seminario de Ingreso de Física común a todas las carreras que se dictan en la Institución. Los escogidos fueron:
  - LV Colisiones
  - LV Formulas Químicas
  - LV Vectores. SU
- b) Clasificar los laboratorios virtuales de acuerdo a su taxonomía.
- c) Evaluar cada laboratorio según el instrumento de evaluación de objetos de aprendizaje definido por la UTN-FRRe.

## **3. Metodología**

Siguiendo los objetivos planteados se seleccionaron Laboratorios virtuales (LV) en consenso con los docentes de las cátedras que se ajustaran a contenidos de unidades en las cuales resulta imperiosa la necesidad de realizar simulaciones y numerosas pruebas para entender los conceptos.

Para la cátedra de física, uno de los LV establecido fue el de *Colisiones* aplicado en el aula virtual utilizado para la materia y el cual tiene como objetivos:

- Obtener la gráfica del "antes y el después" de las colisiones.
- Construir representaciones del vector momento "antes y después" de las colisiones.
- Aplicar la ley de conservación del momento para resolver problemas de colisiones.
- Explicar por qué la energía no se conserva y varía en algunas colisiones.
- Determinar el cambio en la energía mecánica en las colisiones de diferente "elasticidad".

Los objetivos del LV cumplen con las habilidades prácticas que requieren del alumno para el razonamiento del fenómeno. En la Fig. 1 se puede apreciar cómo se pueden introducir valores a variables para experimentar los conceptos teóricos.

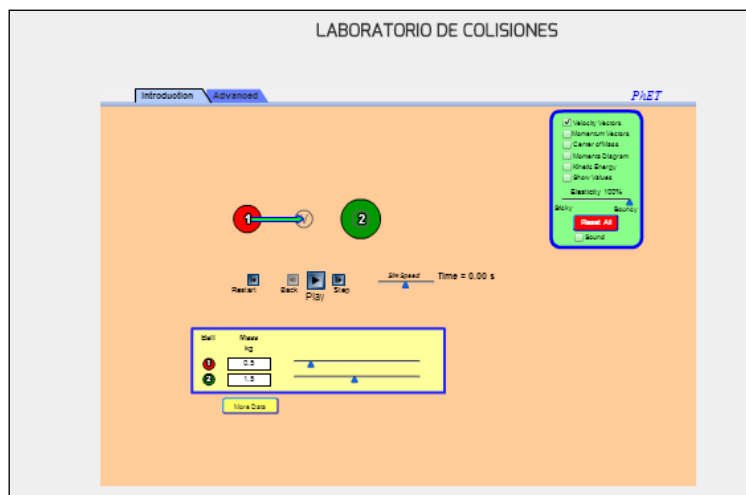


Fig.1: Imagen de LV de Colisiones implementado en la cátedra de Física

El LV aplicado en la materia de 2do nivel de Química General de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, se estableció el de *fórmulas químicas*, que tiene como objetivo evaluar los conocimientos de las fórmulas de iones y compuestos inorgánicos mediante la utilización de software informático, agilizando la autoevaluación en la comprensión de los compuestos. En la fig, 2 se puede apreciar cómo el alumno seleccionará la respuesta para cada compuesto y al finalizar evaluará su rendimiento. Este LV fue tomado de la Guía de Trabajos prácticos de la materia y creado por integrantes del GIE con herramientas de autor libres.

**Seleccione la respuesta correcta**

**Nombre de los Iones Inorgánicos más comunes**

$\text{SO}_3^{2-}$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{Na}^+$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{SO}_4^{2-}$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{Ca}^{2+}$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{CO}_3^{2-}$	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">???</div> <div style="padding: 2px;">Ion Sulfito</div> <div style="padding: 2px;">Ion Sulfato</div> <div style="padding: 2px;">Ion Litio</div> <div style="padding: 2px;">Ion Zinc</div> <div style="padding: 2px;">Ion Sodio</div> <div style="padding: 2px;">Ion carbonato</div> <div style="padding: 2px;">Ion Potasio</div> <div style="padding: 2px;">Ion Plata</div> <div style="padding: 2px;">Ion Calcio</div> </div>
$\text{Li}^+$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{Ag}^+$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{K}^+$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>
$\text{Zn}^{2+}$	<input style="width: 100px;" type="text" value="???"/>

Fig.2: Imagen de LV de Fórmulas Químicas implementado en la cátedra de Química General

Para el módulo de Física en el Seminario de Ingreso a las carreras de la FRRe se tomó como base para este trabajo el *LV de Vectores*, que pretende que el alumno logre:

- Explicar las representaciones de vectores con tus propias palabras.
- Convertir entre la forma angular de vectores y la forma de componentes.

En la Fig. 3 se puede ver la manera gráfica en que se van realizando las prácticas y la forma en cómo se van mostrando los resultados para lograr que el alumno cumpla los objetivos propuestos.

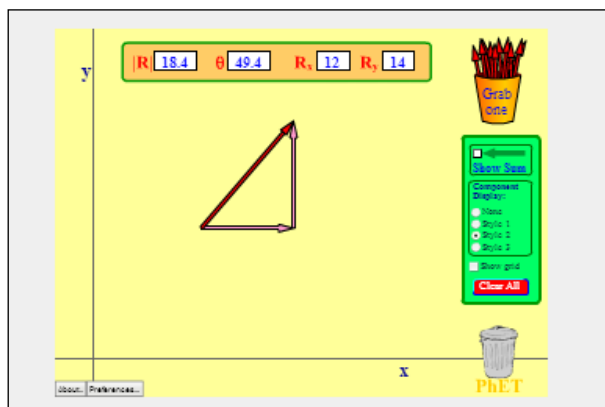


Fig.3: Imagen de LV de Vectores implementado en módulo de Física del Seminario de Ingreso

Se clasificaron los LV según la taxonomía que se presenta a continuación, en la fig.2, una que clasifica los OA según los recursos, con fines completamente pedagógicos [7].

#### Objetos de instrucción

- Lección, Workshop, Seminarios, Whitepapers, Casos de estudio

#### Objetos de colaboración

- Ejercicios monitores, Chats, Foros, Reuniones on-line

#### Objetos de prácticas

- Simulaciones juegos de roles, de Software, de Hardware, de codificación, conceptual, modelo-negocio
- Laboratorios online
- Proyectos de investigación

#### Objetos de Evaluación

- Pre-Evaluación
- Test de rendimiento, de certificación

Surge así que los LV de Colisiones y de Vectores se podrían catalogar como Objetos de Práctica; puesto que cumplen con el objetivo de instruir al alumno a través de la herramienta informática, asimilando las características de los ambientes y pruebas; pero sin incluir una autoevaluación, en cambio el LV de Fórmulas Químicas pertenecería a la categoría de OA de Evaluación, porque presenta al alumno un elemento práctico autoevaluable que le permite medir sus conocimientos acerca del tema en particular.



Se definió además un instrumento de evaluación de OA, el cual se aplicará a los LV seleccionados [8]:

Aspecto a considerar	Objeto de Práctica	Objeto de Evaluación
Objetivos del aprendizaje: queda reflejado claramente lo que se espera sea aprendido/aplicado	Necesario	Necesario
<b>Contenidos</b>		
Coherentes con los objetivos propuestos	Necesario	Necesario
La información presentada se inicia teniendo como base los saberes previos del alumno	NO se aplica	NO se aplica
El lenguaje es claro y adecuado al nivel del alumno	Necesario	Necesario
Ejemplificación como medio para aclarar conceptos	NO se aplica	NO se aplica
La fuente de información es confiable y acorde a la temática	Deseado	NO se aplica
<b>Actividades</b>		
Están orientadas al cumplimiento de los objetivos	Necesario	Necesario
Promueven el desarrollo e iniciativa y el aprendizaje autónomo	Deseado	Deseado
Retroalimentación	Necesario	Necesario
<b>Tecnológico</b>		
Es accesible	Deseado	Deseado
Usabilidad	Necesario	Necesario
Reusabilidad	Necesario	Necesario
Cumplimiento de estándares	Necesario	Necesario

#### 4. Resultados

La aplicación del instrumento de evaluación a los laboratorios virtuales como Objetos de aprendizajes arrojaron los siguientes resultados:

- Los dos LV que se clasificaron como objetos de práctica cumplen con todos los ítems “Necesarios” incluso los que se sugieren como “Deseado. Cabe aclarar que según el ítem “Coherentes con los objetivos propuestos” dentro del aspecto “Contenidos”, los ejercicios no especifican objetivos, si se definen en la unidad a la cual corresponden.
- EL LV de Fórmulas Químicas, clasificado como objeto de Evaluación, cumple con todos los ítems necesarios y deseados.

Por lo expuesto anteriormente podemos asegurar que los tres LV son objetos de aprendizajes, y los podemos considerar como “adecuados” para implementar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## 5. Conclusiones

Los laboratorios virtuales evaluados se adaptan a las características requeridas para considerar que los mismos son Objetos de Aprendizaje, y por tanto, sería factible desarrollar un repositorio de laboratorios virtuales para compartir conocimientos al resto de la comunidad.

De esta manera, podrán desarrollarse laboratorios virtuales propios, que se adapten a las necesidades de cada cátedra de las carreras que se dictan en la Facultad, y almacenarlos en forma centralizada para que puedan ser reutilizados y mejorados; y de esta manera hacer crecer el banco de laboratorios ofrecidos por la institución.

Los laboratorios virtuales son una nueva tendencia que viene en auge en los últimos años, debido a las facilidades que representan a la hora de implementarlos, reduciendo exponencialmente los costos en comparación con los laboratorios de experimentación real. Esto sumado a los beneficios y disponibilidad que ofrecen los repositorios de objetos de aprendizaje, hacen una solución inigualable para fomentar el autoaprendizaje del alumno. Dado que no es sencillo encontrar laboratorios virtuales que se adapten exactamente a las necesidades diversas que cada cátedra, es posible hacer público estos aportes, integrándolos bajo el soporte de un repositorio institucional. De esta manera aseguramos que dicha solución es una estrategia superadora, en el marco del aprendizaje mixto que permitirá a docentes y alumnos trabajar en forma colaborativa.

## 6. Bibliografía

- [1] AREA MOREIRA, M. (2002): *Manual de estudio de Tecnología Educativa*. Universidad de la Laguna, Tenerife.
- [2] BUNGE, M. (1980) *Epistemología. Ciencia de la ciencia*. Ariel. Barcelona.
- [3] SARRAMONA, Jaime (1.990) *Tecnología Educativa, una valoración crítica*. Edit. Ceac. Barcelona.
- [4] Ortiz Colón, Ana (2.005) Interacción y TIC en la docencia universitaria.. Revista de Medios y Educación, julio, número 026. Universidad de Sevilla, España
- [5] Barrios, T., Cernadas, M. y Sandobal Verón, V. - *Motivación y autogestión del estudio: claves para disminuir el desgranamiento temprano* - JEIN 2010.
- [6] Cernadas, M.; Cuenca Pletsch, L; Sandobal Verón, V - *Una propuesta de evaluación para Objetos de Aprendizaje* - Jornadas de investigación de ingeniería NEA - 2014
- [7] ASTD y SmartForce. (2003, sep. 30). A field guide to learning object. Retrived. Chan Núñez, M.E. (2002). Hacia la construcción de la sociedad de aprendizaje. Apertura.
- [8] Cernadas, M; Cuenca Pletsch, L; Sandobal Verón, V. - *Una propuesta de evaluación para Objetos de Aprendizaje* - III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y países limítrofes - 2014

## **22TCE - ¿LABORATORIOS VIRTUALES PUEDEN SER OBJETOS DE APRENDIZAJE?**

**MARIN, M. B.<sup>1</sup>; BARRIOS, T.<sup>1</sup>; CERNADAS, M. A.<sup>1</sup>**

**Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. French 414 – (3500) Resistencia, Chaco. Argentina**

**E-mail: [mbiancamarin@yahoo.com.ar](mailto:mbiancamarin@yahoo.com.ar); [barriosth@gmail.com](mailto:barriosth@gmail.com); [ma\\_cernadas@hotmail.com](mailto:ma_cernadas@hotmail.com)**

### **Resumen**

En la Facultad Regional Resistencia se viene investigando la forma de mejorar el rendimiento académico de los alumnos; para ello hace varios años se comenzó a trabajar con las TIC's como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual permite motivar al alumno y mantener una comunicación más fluida con el docente.

Surgió así la propuesta de idear un Repositorio de Laboratorios Virtuales, integrando los avances obtenidos en los Proyectos de "Modelización de un repositorio de objetos de aprendizaje para la gestión del conocimiento para la UTN-FRRe" con el "Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información", ambas investigaciones abordadas en el Grupo de investigación Educativa (GIE) de esta Facultad.

El desafío es clasificar a los Laboratorios virtuales que se desarrollaron para la cátedras de Física del Seminario Universitario, Física I y Química General, materias de los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información que se dicta en la facultad, de acuerdo al modelo de Objeto de Aprendizaje (OA) y la taxonomía elegida para el proyecto de repositorio; utilizando el instrumento propuesto, para evaluar los laboratorios virtuales vigentes que están plasmados en el campus virtual de la institución académica.

De esta manera, se permitirá a los docentes contar con instrumentos válidos en un lugar accesible, y a los alumnos conocer herramientas que le brindarán conocimiento y práctica de acuerdo a sus necesidades académicas; conformando parte del repositorio institucional como un espacio de mejora constante y accesibilidad año tras año.

### **1. Introducción**

El avance tecnológico a través de la historia ha evolucionado acorde a las características de la sociedad, el desarrollo científico y los medios de comunicación y de transmisión de conocimientos disponible. Área Moreira [1] plantea que las tecnologías existentes, son un factor relevante que estructura, redefine y configura las relaciones sociales, económicas y culturales, y, en consecuencia, la dirección del cambio social. Si no se dan las condiciones sociales ciertos inventos tecnológicos no se generalizarán, y viceversa, ciertas tecnologías tienen tanto impacto sociocultural que condicionan el futuro...

Las tecnologías se consideran aplicaciones concretas y operativas dentro de un contexto social determinado. Para Bunge [2] la ciencia aporta formas de saber, la tecnología aporta formas de hacer (actuar) basada en el saber científico.

La educación no es ajena a estos cambios. Jaime Sarramona [3] plantea que hay dos razones básicas para introducir la tecnología en la educación: **a)** la incorporación de los beneficios que el actuar tecnológico comporta y **b)** la necesidad de que la misma educación tiene de preparar, mediante el correspondiente razonamiento crítico, para una vida donde la tecnología impera de manera inequívoca.

Dentro del ámbito universitario, las TICs juegan un papel preponderante. Tal como lo indica Ana Ortiz Colón [4], en su artículo de Interacción y TIC en la docencia universitaria, “estos contextos van a adaptarse al uso de estas herramientas, así como de las posibilidades que el empleo de las TIC ofrecen al proceso de enseñanza/aprendizaje. Nos estamos refiriendo a la creación de entornos interactivos, diferentes modalidades de aprendizaje, sitios web de las asignaturas, entre otros.”

El uso de las nuevas tecnologías como medios educativos impactan en los procesos enseñanza-aprendizaje ya que posibilitan el acceso ilimitado a la información; representan y transmiten la información a través de múltiples formatos a la vez que eliminan las limitaciones temporales y/o distancias geográficas entre docentes y alumnos formando inmensas comunidades virtuales de aprendizaje, convirtiéndose en una necesidad orientada a elevar la calidad y aprovechar las ventajas que dichas herramientas ofrecen.

En este contexto, “la Facultad Regional Resistencia, no queda al margen de la tecnología y su aplicación en el sector educativo, por lo que está trabajando para superar las variables espacio y tiempo y dando lugar a situaciones de enseñanza nuevas, como así también lograr “retener” al alumno para que pueda completar sus estudios universitarios”[5]. De esta forma, se comprobó que el alumno se motiva y el docente logra un acompañamiento del alumno a lo largo del cursado de la materia.

En la actualidad el Seminario Universitario y varias materias de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, implementaron la modalidad semi-presencial (blended-learning). Con esto se busca que el alumno sea quien planifique, dirija y controle su proceso de aprendizaje, gestionando su estudio en el tiempo y lugar que considera adecuado, logrando un seguimiento personalizado de cada uno.

Dado el auge de implementar aulas virtuales en las cátedras de las carreras que se dictan en la FRRe, y la cantidad y diversidad de materiales académicos se comenzó a investigar, en el marco del proyecto "Modelización de un repositorio de objetos de aprendizaje para la gestión del conocimiento para la UTN-FRRe", los instrumentos de evaluación de objetos de aprendizaje y se presentó una propuesta de evaluación que considera aspectos pedagógicos, didácticos y tecnológicos [6].

Paralelo a esto, dentro del Grupo de Investigación Educativa, se está trabajando en otro proyecto, “Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información”, que tiene como objetivo la investigación e implementación de laboratorios virtuales en determinadas materias de Ingeniería en Sistemas de información seleccionadas como objeto de estudio; y analizar el impacto que provocan los laboratorios virtuales tanto en el rendimiento como en la motivación del alumno. Un laboratorio virtual es un laboratorio

basado en la web, es decir, un laboratorio que sustituye al laboratorio clásico, por sesiones de experimentación virtual, emulando el comportamiento del experimento mediante software.

Inicialmente el proyecto se centró en la búsqueda de herramientas existentes, que se adapten a los programas de las materias, y su implementación. Sin embargo, las necesidades fueron creciendo y surgió la posibilidad de que la Facultad desarrolle sus propios laboratorios. La propuesta incluye el armado de un repositorio de estos laboratorios para que los mismos puedan ser compartidos con la comunidad educativa.

El presente artículo, responde a la pregunta de si un laboratorio virtual es un objeto de aprendizaje, y por lo tanto, se puede realizar un repositorio de objetos de aprendizajes de laboratorios virtuales. Para ello, se clasificaron y evaluaron laboratorios implementados en las distintas materias de acuerdo al modelo y taxonomía adoptado por el proyecto, para determinar la calidad del laboratorio virtual como objeto de aprendizaje.

## **2. Objetivos**

El trabajo tiene como objetivo general determinar si los laboratorios virtuales son objetos de aprendizaje; para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- d) Seleccionar 3 (tres) laboratorios virtuales implementados en el marco del proyecto, pertenecientes a las cátedras de Física I y Química General de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información y el módulo del Seminario de Ingreso de Física común a todas las carreras que se dictan en la Institución. Los escogidos fueron:
  - LV Colisiones
  - LV Formulas Químicas
  - LV Vectores. SU
- e) Clasificar los laboratorios virtuales de acuerdo a su taxonomía.
- f) Evaluar cada laboratorio según el instrumento de evaluación de objetos de aprendizaje definido por la UTN-FRRe.

## **3. Metodología**

Siguiendo los objetivos planteados se seleccionaron Laboratorios virtuales (LV) en consenso con los docentes de las cátedras que se ajustaran a contenidos de unidades en las cuales resulta imperiosa la necesidad de realizar simulaciones y numerosas pruebas para entender los conceptos.

Para la cátedra de física, uno de los LV establecido fue el de *Colisiones* aplicado en el aula virtual utilizado para la materia y el cual tiene como objetivos:

- Obtener la gráfica del "antes y el después" de las colisiones.
- Construir representaciones del vector momento "antes y después" de las colisiones.
- Aplicar la ley de conservación del momento para resolver problemas de colisiones.
- Explicar por qué la energía no se conserva y varía en algunas colisiones.

- Determinar el cambio en la energía mecánica en las colisiones de diferente "elasticidad".

Los objetivos del LV cumplen con las habilidades prácticas que requieren del alumno para el razonamiento del fenómeno. En la Fig. 1 se puede apreciar cómo se pueden introducir valores a variables para experimentar los conceptos teóricos.

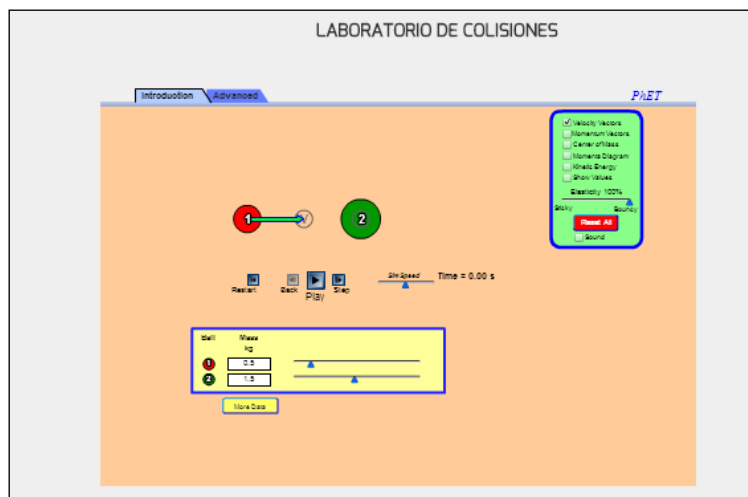


Fig.1: Imagen de LV de Colisiones implementado en la cátedra de Física

El LV aplicado en la materia de 2do nivel de Química General de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, se estableció el de *fórmulas químicas*, que tiene como objetivo evaluar los conocimientos de las fórmulas de iones y compuestos inorgánicos mediante la utilización de software informático, agilizando la autoevaluación en la comprensión de los compuestos. En la fig, 2 se puede apreciar cómo el alumno seleccionará la respuesta para cada compuesto y al finalizar evaluará su rendimiento. Este LV fue tomado de la Guía de Trabajos prácticos de la materia y creado por integrantes del GIE con herramientas de autor libres.

Seleccione la respuesta correcta	
Nombre de los Iones Inorgánicos más comunes	
Verificar	
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	???
Na <sup>+</sup>	???
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	???
Ca <sup>2+</sup>	???
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ion Sulfato
Li <sup>+</sup>	Ion Sulfato
Ag <sup>+</sup>	Ion Litio
K <sup>+</sup>	Ion Zinc
Zn <sup>2+</sup>	Ion Sodio
	Ion carbonato
	Ion Potasio
	Ion Plata
	Ion Calcio
Verificar	

Fig.2: Imagen de LV de Fórmulas Químicas implementado en la cátedra de Química General

Para el módulo de Física en el Seminario de Ingreso a las carreras de la FRRe se tomó como base para este trabajo el *LV de Vectores*, que pretende que el alumno logre:

- Explicar las representaciones de vectores con tus propias palabras.
- Convertir entre la forma angular de vectores y la forma de componentes.

En la Fig. 3 se puede ver la manera gráfica en que se van realizando las prácticas y la forma en cómo se van mostrando los resultados para lograr que el alumno cumpla los objetivos propuestos.

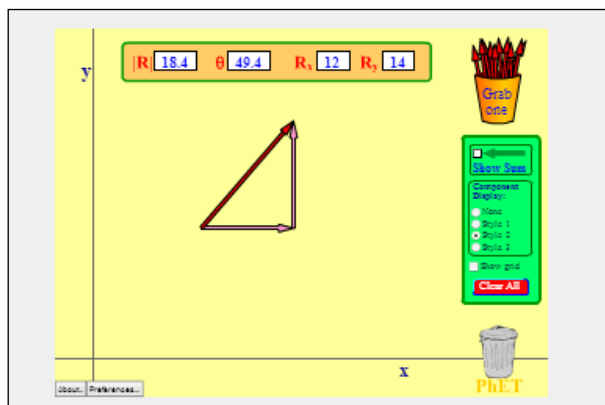


Fig.3: Imagen de LV de Vectores implementado en módulo de Física del Seminario de Ingreso

Se clasificaron los LV según la taxonomía que se presenta a continuación, en la fig.2, una que clasifica los OA según los recursos, con fines completamente pedagógicos [7].

#### Objetos de instrucción

- Lección, Workshop, Seminarios, Whitepapers, Casos de estudio

#### Objetos de colaboración

- Ejercicios monitores, Chats, Foros, Reuniones on-line

#### Objetos de prácticas

- Simulaciones juegos de roles, de Software, de Hardware, de codificación, conceptual, modelo-negocio
- Laboratorios online
- Proyectos de investigación

#### Objetos de Evaluación

- Pre-Evaluación
- Test de rendimiento, de certificación

Surge así que los LV de Colisiones y de Vectores se podrían catalogar como Objetos de Práctica; puesto que cumplen con el objetivo de instruir al alumno a través de la herramienta informática, asimilando las características de los ambientes y pruebas; pero sin incluir una autoevaluación, en cambio el LV de Fórmulas Químicas pertenecería a la categoría de OA de Evaluación, porque presenta al alumno un elemento práctico autoevaluable que le permite medir sus conocimientos acerca del tema en particular.

Se definió además un instrumento de evaluación de OA, el cual se aplicará a los LV seleccionados [8]:

Aspecto a considerar	Objeto de Práctica	Objeto de Evaluación
Objetivos del aprendizaje: queda reflejado claramente lo que se espera sea aprendido/aplicado	Necesario	Necesario
Contenidos		
Coherentes con los objetivos propuestos	Necesario	Necesario
La información presentada se inicia teniendo como base los saberes previos del alumno	NO se aplica	NO se aplica
El lenguaje es claro y adecuado al nivel del alumno	Necesario	Necesario
Ejemplificación como medio para aclarar conceptos	NO se aplica	NO se aplica
La fuente de información es confiable y acorde a la temática	Deseado	NO se aplica
Actividades		
Están orientadas al cumplimiento de los objetivos	Necesario	Necesario
Promueven el desarrollo e iniciativa y el aprendizaje autónomo	Deseado	Deseado
Retroalimentación	Necesario	Necesario
Tecnológico		
Es accesible	Deseado	Deseado
Usabilidad	Necesario	Necesario
Reusabilidad	Necesario	Necesario
Cumplimiento de estándares	Necesario	Necesario

#### 4. Resultados

La aplicación del instrumento de evaluación a los laboratorios virtuales como Objetos de aprendizajes arrojaron los siguientes resultados:

- Los dos LV que se clasificaron como objetos de práctica cumplen con todos los ítems “Necesarios” incluso los que se sugieren como “Deseado. Cabe aclarar que según el ítem “Coherentes con los objetivos propuestos” dentro del aspecto “Contenidos”, los ejercicios no especifican objetivos, si se definen en la unidad a la cual corresponden.
- EL LV de Fórmulas Químicas, clasificado como objeto de Evaluación, cumple con todos los ítems necesarios y deseados.

Por lo expuesto anteriormente podemos asegurar que los tres LV son objetos de aprendizajes, y los podemos considerar como “adecuados” para implementar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.



## 5. Conclusiones

Los laboratorios virtuales evaluados se adaptan a las características requeridas para considerar que los mismos son Objetos de Aprendizaje, y por tanto, sería factible desarrollar un repositorio de laboratorios virtuales para compartir conocimientos al resto de la comunidad.

De esta manera, podrán desarrollarse laboratorios virtuales propios, que se adapten a las necesidades de cada cátedra de las carreras que se dictan en la Facultad, y almacenarlos en forma centralizada para que puedan ser reutilizados y mejorados; y de esta manera hacer crecer el banco de laboratorios ofrecidos por la institución.

Los laboratorios virtuales son una nueva tendencia que viene en auge en los últimos años, debido a las facilidades que representan a la hora de implementarlos, reduciendo exponencialmente los costos en comparación con los laboratorios de experimentación real. Esto sumado a los beneficios y disponibilidad que ofrecen los repositorios de objetos de aprendizaje, hacen una solución inigualable para fomentar el autoaprendizaje del alumno. Dado que no es sencillo encontrar laboratorios virtuales que se adapten exactamente a las necesidades diversas que cada cátedra, es posible hacer público estos aportes, integrándolos bajo el soporte de un repositorio institucional. De esta manera aseguramos que dicha solución es una estrategia superadora, en el marco del aprendizaje mixto que permitirá a docentes y alumnos trabajar en forma colaborativa.

## 6. Bibliografía

- [1] AREA MOREIRA, M. (2002): *Manual de estudio de Tecnología Educativa*. Universidad de la Laguna, Tenerife.
- [2] BUNGE, M. (1980) *Epistemología. Ciencia de la ciencia*. Ariel. Barcelona.
- [3] SARRAMONA, Jaime (1.990) *Tecnología Educativa, una valoración crítica*. Edit. Ceac. Barcelona.
- [4] Ortiz Colón, Ana (2.005) Interacción y TIC en la docencia universitaria.. Revista de Medios y Educación, julio, número 026. Universidad de Sevilla, España
- [5] Barrios, T., Cernadas, M. y Sandobal Verón, V. - *Motivación y autogestión del estudio: claves para disminuir el desgranamiento temprano* - JEIN 2010.
- [6] Cernadas, M.; Cuenca Pletsch, L; Sandobal Verón, V - *Una propuesta de evaluación para Objetos de Aprendizaje* - Jornadas de investigación de ingeniería NEA - 2014
- [7] ASTD y SmartForce. (2003, sep. 30). A field guide to learning object. Retrived. Chan Núñez, M.E. (2002). Hacia la construcción de la sociedad de aprendizaje. Apertura.
- [8] Cernadas, M; Cuenca Pletsch, L; Sandobal Verón, V. - *Una propuesta de evaluación para Objetos de Aprendizaje* - III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y países limítrofes - 2014

## 23TCE - MINERALES ARCILLOSOS COMO SOPORTES PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUA: ADSORCIÓN DE COLORANTES

BARBAGELATA<sup>1</sup>, R.; ZÁRATE<sup>2</sup>, M.; BASCHINI<sup>1</sup>, M.

<sup>1</sup>Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas, PROBIEN (CONICET-UNCo) y Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina. <sup>2</sup>Escuelas de Enseñanza Media. Provincia de Río Negro, Argentina.

\*Email: [raul.barbagelata@fain.uncoma.edu.ar](mailto:raul.barbagelata@fain.uncoma.edu.ar)

### Resumen

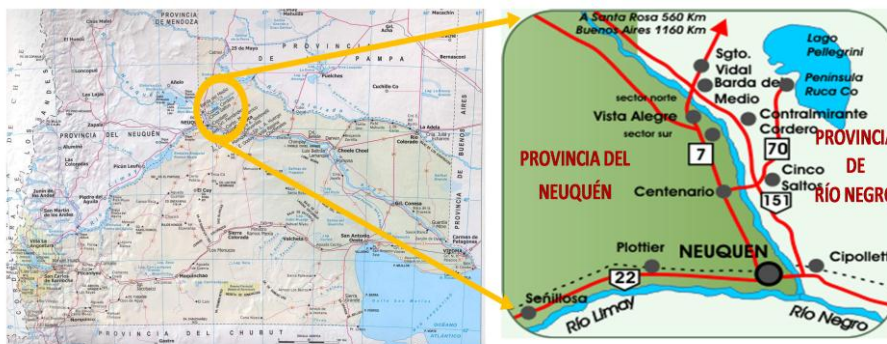
Existe actualmente un enorme desafío en cuanto al abordaje de la problemática del agua asociados a los cuerpos de agua naturales y su contaminación como consecuencia de la emisión accidental (derrames) o deliberada (efluentes domiciliarios e industriales). La región del Alto Valle de Río Negro-Neuquén posee yacimientos de bentonita, minerales naturales con excelentes propiedades adsorbentes. Es en este contexto que se propone el desarrollo de una actividad áulica en las que los alumnos puedan, a través de la utilización de estos minerales, resolver una situación problemática como la contaminación del agua producida por colorantes.

Los estudiantes utilizaron sitios de referencia en la web para obtener información sobre las características físico químicas del agua y de los colorantes. Además se les proporcionó información sobre principios y fundamentos del proceso adsorción-absorción, tema central del debate y como posible solución al problema planteado. Durante la actividad desarrollada por los alumnos en el laboratorio, se prepararon disoluciones de concentración conocida de colorante y sistemas materiales obtenidos a partir del mezclado de distintas cantidades de bentonita y arena. Posteriormente mediante el armado de simples dispositivos de laboratorio se evaluó la capacidad de adsorción de los distintos sistemas preparados.

**Palabras claves:** Contaminación, bentonitas, colorantes, mezcla, agua.

### Introducción

Para elaborar esta propuesta de trabajo se tuvo en cuenta principalmente el hecho de que existen una gran cantidad de problemáticas ambientales no conocidas debido al alto nivel de desinformación de la sociedad.



Muchas veces no sólo no sabemos qué sucede a nuestro alrededor sino que además no tomamos conciencia de que la solución puede estar cerca. Manteniendo este horizonte es que surge la posibilidad de recurrir a la utilización de sustancias naturales de la región, como son las arcillas y la arena.

Dentro del ambiente natural en el cual nos encontramos emplazados, existe un yacimiento de arcillas variedad bentonita y arena, ubicado en la Cuenca Vidal en proximidades del Lago Pellegrini de la localidad de Cinco Saltos Provincia de Río Negro con productos de altísima calidad y además con bajos costos de producción.

**Objetivos generales de la propuesta áulica.** Promover en el alumnado:

- ✓ el reconocimiento del valor de sostener un medio ambiente limpio y saludable y los cuidados que debemos tener como principales ocupantes responsables,
- ✓ el reconocimiento de la importancia de poseer procesos químicos que apoyen el desarrollo sustentable de nuestra sociedad,
- ✓ la concientización sobre los efectos de un mal tratamiento de efluentes en el medio ambiente en que vivimos,
- ✓ el conocimiento del funcionamiento de un proceso de descontaminación simple como la adsorción que utiliza materiales disponibles en nuestro ambiente próximo,
- ✓ la comprensión de la relación íntima que existe entre la ciencia que estudiamos y la realidad socio-económico-ambiental en la que vivimos.

**Guía de lectura informativa: Colorantes**

*Los colorantes son sustancias químicas principalmente orgánicas de origen natural o sintético*, y uno de los tipos de contaminantes más comunes y difíciles de extraer de una masa de agua. A principios del siglo XXI, la producción mundial de colorantes alcanzaba las  $7 \times 10^5$  toneladas anuales.

Se estima que un 10–15% del total de esta producción se pierde como efluente de los procesos de teñido de la industria textil, papelería y alimenticia; efluentes de laboratorios de análisis clínicos, entre otros. Estas sustancias que poseen estructuras hidrocarbonadas, preferentemente de forma cíclica con presencia de una gran variedad de grupos funcionales: carbonilos, aminos, carboxilos, sulfidrilos, sulfonilos, hidroxilos, etc., suelen ser agregadas en alimentos, pinturas, tinturas para el cabello, ropa y una infinidad de diferentes materiales con el objeto de aportar o realzar algunas características del mismo. La presencia de colorantes en un curso de agua suele acarrear problemas que pueden ir desde la disminución de la actividad fotosintética del medio (ya que la luz se ve reflejada en un porcentaje mayor que el habitual) hasta la posible carcinogénesis u otras enfermedades, producidas en los humanos por su consumo y/o contacto prolongado.

Esta problemática necesita para ser resuelta un accionar por parte de los que convivimos con el agua, empezando en primer lugar por conocer la situación en la que se encuentra esta sustancia en nuestra región. En segundo lugar continúa la acción de poner en movimiento todas nuestras capacidades para poder proponer y/o aplicar procesos que puedan solucionar esta situación.



## Guía de lectura fase experimental

### Adsorción vs Absorción



### Objetivo

Introducir al alumnado en las características del proceso físico denominado adsorción y las sustancias, propuestas para dar solución a la problemática planteada.

¿Qué proponemos para resolver esta difícil situación?

Los procesos para extraer colorantes de un medio acuoso son muy variados y se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos. Cada proceso presenta una serie de ventajas y desventajas que se maximizan o minimizan de acuerdo a la factibilidad de cada uno de contar con los materiales requeridos.

En este sentido y tratando de aprovechar los recursos naturales de nuestra zona, es que se plantea la adecuación de una práctica en particular, basada en el proceso físico de *adsorción* fenómeno que ocurre sobre la superficie de una sustancia, denominada adsorbente donde quedan retenidas por diversos mecanismos las sustancias a extraer o adsorbatos. Las sustancias adsorbentes de la zona que fueron utilizadas son: una variedad de arcillas denominada bentonita, arena tipo sílice y mezclas de ambas.

La elección de estas sustancias está relacionada con su: capacidad de adsorción, gran disponibilidad de las mismas en nuestra zona y bajo costo de obtención.

**¿Qué es la arcilla?:** El término arcilla es utilizado para denominar un grupo de sustancias naturales, de origen mineral, con tamaño de partícula menor a los 2  $\mu\text{m}$ . La arcilla es la fracción de menor tamaño que forma parte de un suelo y proviene de la alteración química del tipo de roca o material original que compone el suelo. Una variedad de las arcillas es la bentonita que es una roca blanda, disgregable y untuosa, que se puede presentar en forma de hojuelas muy finas y suele tener un color beige claro-oscuro.

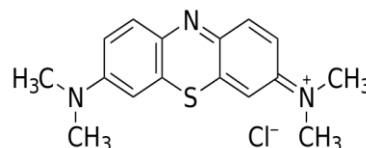
**¿Qué es la arena?:** Es un componente del suelo que se presenta como un conjunto de partículas de rocas disgregadas de tamaño muy pequeño, cuyo origen se produce por alteración física de la roca o material original que compone el suelo. Esta alteración puede ser natural o realizada por el hombre. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2,0 mm. Por su tamaño de grano, la arena suele ser muy permeable y su retención de humedad es escasa. Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia.

### Nuestro sistema de estudio, un colorante denominado azul de metileno.

Es un colorante usado históricamente para el teñido de la seda y el algodón. Actualmente se utiliza en los laboratorios de análisis ambiental para la determinación de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) como por ejemplo detergentes; en el reconocimiento de ciertos tipos de tejidos y microorganismos (Técnicas de Tinción); en medicina para el tratamiento de determinadas enfermedades. Este colorante se presenta en forma de cristales; o polvo cristalino; de un color verde oscuro, con brillo bronceado. Es inodoro y estable al aire, es muy soluble en agua y sus disoluciones son de un color azul profundo, que varía de acuerdo a la concentración del mismo.



**¿Cómo es la estructura química del azul de metileno (AM)?** Es una sustancia orgánica heterocíclica, de alto peso molecular y estructura catiónica. La carga positiva



de la molécula la hace capaz de interactuar electrostáticamente con superficies cargadas negativamente y quedar adsorbida.

#### Guía de actividades de la fase experimental.

**Objetivo:** Detallar características del proceso de adsorción y de los materiales a utilizar.

**Actividad 1:** Leer Tubert, I., Talanquer, V. (1997): Para Saber, experimentar y simular: Sobre adsorción, en: *Revista de Educación Química en línea*. 7(4),186-190. <http://educacionquimica.info/busqueda.php>

**Responder:** ¿En qué se diferencian los procesos denominados adsorción y absorción? ¿Qué tipos de procesos de adsorción existen? ¿En qué se diferencian cada uno?

**Actividad 2:** Leer (Bradanovic, T. 2007). Arcillas y Bentonitas. Director Técnico Soc.Com. Hermes Ltda. Chile, en: <http://www.bradanovic.cl/fortuna/bentonita.pdf>

**Indicar:** Características de la arcilla y arena que las hacen útiles como materiales adsorbentes.

#### Guía de trabajo experimental.

**Objetivos:** Que los alumnos puedan

- Lograr la separación del colorante AM de la masa de agua a estudiar.
- Demostrar experimentalmente la capacidad adsorbente de los materiales utilizados.
- Determinar la efectividad adsorbente de cada material y seleccionar el más apropiado.
- Relacionar propiedades y características de cada material con sus estructuras químicas.
- Proponer mejoras a la experiencia propuesta.

#### Materiales y Reactivos

Columnas de separación, AM, agua destilada, bentonita y arena.

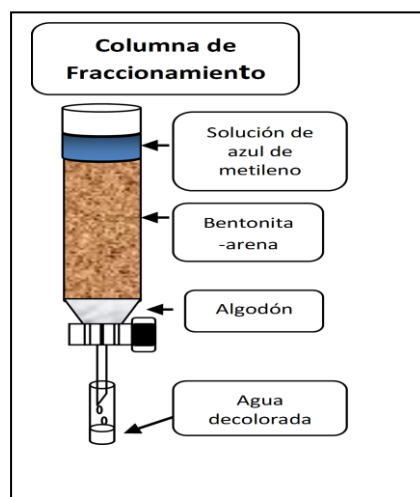
#### Experimento

##### Primera parte. Columnas de separación

1.- Preparar 50 mL de una disolución de AM de concentración 5,0 g/L (Masa molar del azul de metileno: 319,87 g/mol). Realizar los respectivos cálculos y preparar la disolución.

**Nota:** El AM es una sustancia que aun en estado sólido suele manchar drásticamente todo aquello con lo que se pone en contacto.

2.- Preparar las respectivas columnas de separación (pueden ser remplazadas por jeringas de material plástico, sin émbolo), colocando un pequeño tapón de algodón en la zona del orificio de salida de líquido, para disminuir la velocidad de descarga de la mezcla líquida. En cada jeringa se deberá colocar la misma masa de sustancia adsorbente de manera tal de cubrir aproximadamente el 60% del volumen total de la jeringa y de acuerdo a las proporciones presentadas en la siguiente tabla:



Columna de separación	Arcilla (%)	Arena (%)
1	0	100
2	100	0
3	50	50
4	1	99

Una vez listas y dispuestas las jeringas en los respectivos soportes, colocar un volumen de 2 mL de solución de AM y dejar fluir a través del sistema adsorbente, colectando los líquidos en sendos tubos de ensayo. El proceso se dará por finalizado cuando aparece en el vástago de la jeringa la primera gota de disolución sin decolorar.

### **Analizar y Reflexionar**

- 1) ¿La disolución atraviesa todas las columnas con facilidad?
- 2) ¿Qué columna decolora de manera más efectiva?
- 3) ¿A qué causas se puede atribuir la efectividad de dicha columna?

### **Segunda parte. Dispersiones**

Preparar 250 mL de una disolución de AM de concentración 2,5 g/L. Realizar los respectivos cálculos y preparar la disolución. Esta disolución se divide en dos volúmenes iguales y se coloca ambos en 2 erlenmeyers. Pesar 0,5 g de arcilla y 0,5 g de arena y agregar cada masa a uno de los erlenmeyers. Agitar continuamente durante unos 15 minutos y finalmente deja reposar. Realizar este mismo procedimiento hasta obtener la decoloración total de la disolución.

### **Analizar y Reflexionar**

- 1) ¿Cuál de los dos materiales adsorbentes se dispersa más fácilmente?
- 2) ¿Cuál de los dos materiales sedimenta más rápidamente?
- 3) ¿Cuál de los dos efectos anteriores favorece la separación del colorante?
- 4) ¿Qué disolución se decolora más rápido y por qué?
- 5) ¿Qué mejoras o cambios propondrías realizar sobre las prácticas realizadas?

**Agradecimientos:** Jefa Control de Calidad, Técnica Química: Vilma Isla. Empresa Castiglione Pes & Cía, (Cinco Saltos Pcia de Río Negro), por proveer muestras de bentonita.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**-Hinojal, R., De Santiago, C., Luque, F.J., Barrenechea, J.F., (2011).** Estudio de materiales arcillosos mediante adsorción de azul de metileno. Superficie específica y Capacidad de Intercambio Catiónico. Jornada Científica de la Sociedad Española de Arcillas. Madrid. España.

En:<http://www.sea-arcillas.es/publicaciones/Jornadas2011CIEMATmadrid.pdf>

**-Jordán López, A., (2005).** Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Profesor asociado a la E.U.I.T.A. CURSO 2005-2006.

En: <http://libnet.unse.edu.ar/lbi/ba/cefaya/cdig/000005.pdf>

**-Roa Díaz, R. (2011).** Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de enlace químico en la Educación media vocacional a partir del concepto de densidad de carga Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Bogotá, Colombia.

**-Tortorelli, M. (2009).** “Ríos de vida”. Colección “Las Ciencias Naturales y la Matemática”.. 1ra edición. Buenos Aires. Ministerio de Educación de la Nación.

Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Colección Las Ciencias Naturales y la Matemática. Extraído de: <http://www.inet.edu.ar/capacitacion-publicaciones/material-de-capacitacion/nueva-serie-de-libros/rios-de-la-vida/>

## **24TCE - HERRAMIENTAS METACOGNITIVAS EN LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIOS MEDIADOS POR TIC: UNA EXPERIENCIA EN ELECTROMAGNETISMO**

**SERRANO, G.<sup>1;2</sup>; CLAVIJO, S.<sup>1</sup>; ALCANTÚ, N.<sup>1</sup>; MAUCERI, D.<sup>1</sup>**

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina**

**2. Instituto de Enseñanza Superior 9-011. Maza 750 - (5600) San Rafael, Mendoza.  
Argentina**

**E-mail: gracielamariaserrano@gmail.com**

### **Resumen**

La experiencia cotidiana nos indica que en el laboratorio el alumno actúa de espaldas a la teoría y sin establecer vínculos con los conocimientos adquiridos en el aula. En el ámbito operativo, sigue mecánicamente la rutina de un guión, sin cuestionarse el porqué de las operaciones o el diseño de los aparatos. Se constata, además, una ausencia de visión global de la práctica, de su intencionalidad y objetivos. Los informes de laboratorio de Física son elaborados, en general, siguiendo patrones tipo “recetas” establecidos por los docentes, por lo que no resulta evidente el aprendizaje logrado por parte del alumnado. Con el propósito de indagar las afirmaciones de conocimiento de los estudiantes sobre condensadores en una práctica de Laboratorio mediada por TIC, los objetivos de la experiencia, el modo en que los datos son interpretados, la formulación de hipótesis explicativas y la contrastación de las posibles representaciones mentales con un marco teórico conceptual previo, se implementó el uso de la UVE de Gowin. Considerando que esta técnica heurística fue desarrollada para ayudar al proceso enseñanza aprendizaje en el laboratorio de ciencias, esta investigación tiene como objetivo explorar su potencialidad como estrategia para la presentación de informes elaborados de manera más reflexiva y comprensiva. En este trabajo se muestran los resultados preliminares de la experiencia realizada con un grupo de 24 estudiantes seleccionados aleatoriamente de un total de 80 que cursaron contenidos de electromagnetismo en carreras de Ingeniería y Profesorado. El grupo experimental presentó su informe de laboratorio a través de la UVE lo que permitió reforzar el aspecto teórico (conceptual) y el práctico, en tanto el grupo control presentó el informe tradicional siguiendo las indicaciones del docente. Los estudiantes del grupo experimental reconocieron en general el concepto bajo estudio aunque mostraron dificultades para explicitar los objetivos de la experiencia. Casi la mitad de este grupo mostró confusión en el marco teórico al identificar leyes físicas que no se correspondían con el objeto de estudio. En la rama metodológica de la UVE correspondiente a la interpretación de los datos, más de la mitad de los estudiantes hizo referencia a los factores que afectaban la capacidad, y sus relaciones, tanto en lenguaje verbal como simbólico algebraico. El uso de la UVE de Gowin como herramienta facilitó a los estudiantes focalizar el evento, llevar a cabo el proceso de formular preguntas claves y alcanzar logros inicialmente no previstos como, por ejemplo, participar en las actividades de Laboratorio virtual mediado por TIC a través de preguntas caracterizadas por el manejo de conceptos sustentados en el marco teórico previo, al tiempo de desarrollar sus capacidades argumentativas.



## 1. Introducción

Los estudiantes de Nivel universitario muestran dificultades en comprender fenómenos físicos que involucran conceptos no cotidianos como carga eléctrica, fuerza eléctrica, diferencia de potencial, campo eléctrico y energía potencial eléctrica (Giacosa et. al, 2014; Furió y Guisasola, 1999). En particular, en el estudio del tema “condensadores” en un curso básico de Electromagnetismo, el nivel de abstracción y el grado de apropiación de los recursos matemáticos necesarios para describir y modelizar los fenómenos de carga de condensadores con y sin dieléctricos, pueden constituirse en un obstáculo para el aprendizaje del tema.

Desde el punto de vista del constructivismo, la actividad experimental cumple un papel esencial dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, si se la implementa de manera intencionada para lograr que los esquemas conceptuales de los estudiantes se reconstruyan y evolucionen para dar lugar a conceptos cercanos a los científicos (López Rua y Tamayo Alzate, 2012; Hodson, 1994). Cuando se aborda el tema desde la perspectiva de estudiantes universitarios de ciencias, o de ingeniería en particular, se encuentra que la adquisición de habilidades y destrezas científicas que se pueden desarrollar a lo largo de los trabajos de Laboratorios, ocupan un lugar relevante en el logro del conocimiento científico (Santilli y Speltini, 2003). El Laboratorio tradicional, como lo nombran Rosado y Herreros (2005) ha sido por años el único lugar de experimentación por parte de alumnos y profesores; sin embargo desde hace más de una década se insiste en las virtudes del uso de las TIC en el modo de Laboratorio virtual (Martinho, 2009; Kofman, H. 2000; Serrano y Catalán, 2014). El Laboratorio virtual permite simular fenómenos físicos, abordar conceptos abstractos ocultando el modelo matemático y mostrando el fenómeno simulado de forma interactiva en lenguaje gráfico, numérico y/o icónico. La incorporación de las TIC en el aula con fines educativos requiere de la oportuna intervención y orientación del docente, de manera que el recurso se conforme en una verdadera situación de aprendizaje, favoreciendo la elaboración de esquemas conceptuales en el estudiante a partir de la resignificación de las relaciones entre conceptos.

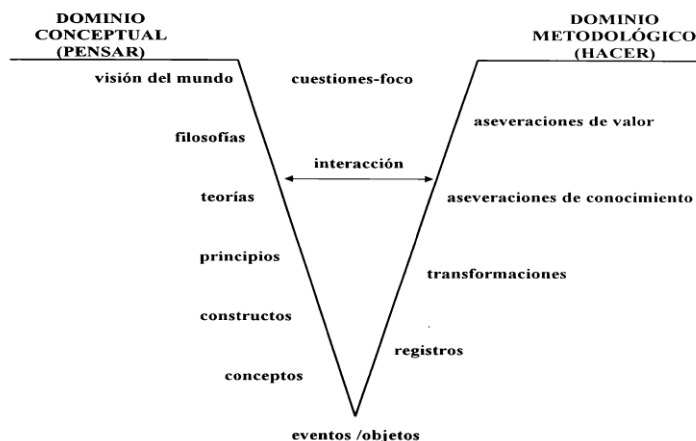
Diversos autores (Campanario, 2000; Ramos, 2009) recomiendan el uso de esquemas como instrumentos metacognitivos en el aprendizaje de la ciencia. Entre esos pueden citarse la UVE de Gowin y los mapas conceptuales. La primera fue caracterizada por su autor (Novak y Gowin, 1988) como una “técnica heurística para la comprensión y la producción del conocimiento”. Este instrumento puede ser utilizado para analizar críticamente un trabajo de investigación o para comprender un laboratorio (Guardian y Ballerster, 2011) mediante una serie de preguntas que le permiten al estudiante “desempaquetar” el conocimiento; en estas características descansa la potencialidad de la UVE para la realización de informes de laboratorio.

En la base de la UVE (ver FIGURA 1) se ubican los acontecimientos u objetos, fenómenos de interés sobre los cuales se formulan preguntas claves. Enlazados con estos acontecimientos están los conceptos y los registros de esos acontecimientos constituyendo la estructura más simple del conocimiento: allí es donde se inicia la producción y creación del conocimiento. El lado izquierdo se refiere al aspecto conceptual de la producción de conocimiento (Filosofías, Teorías, Principios, Leyes y conceptos), mientras el lado derecho se relaciona con los elementos metodológicos de esa producción (registros, datos, transformaciones, afirmaciones de conocimiento y de valor, etc.). El significado de los registros siempre se interpreta a la luz del bagaje conceptual de que se dispone y, puesto que éste es limitado y evoluciona, sólo se



pueden hacer afirmaciones sobre cómo se cree que funciona “una parte” del mundo que se está estudiando.

**FIGURA 1.** Esquema simplificado de la UVE (Novak y Gowin, 1988)



## 2. Objetivo general

Explorar la potencialidad de la UVE de Gowin para presentar informes de Laboratorio elaborados de manera reflexiva y comprensiva.

## 3. Metodología

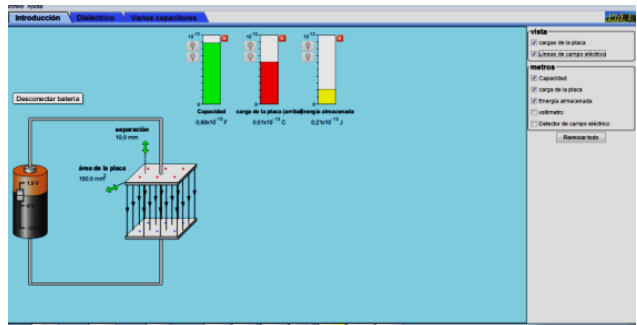
La muestra estuvo conformada por 24 estudiantes de un total de 80 alumnos que cursaron los contenidos básicos de Electromagnetismo en carreras de Ingeniería y Profesorado, de una Universidad pública estatal de Argentina. El grupo experimental presentó, en adición al informe tradicional basado en las indicaciones del docente, un informe preliminar utilizando la UVE de Gowin el cual es analizado en este trabajo.

La investigación enmarcada en el paradigma interpretativo, se realizó bajo una metodología cualitativa empleando técnicas de observación participante y de estudio de caso. Los registros fueron los informes escritos empleando la UVE presentados por los estudiantes de la muestra, recogidos e interpretados por los docentes de la cátedra.

**Procedimiento:** Los alumnos hicieron una experiencia de Laboratorio sobre el tema “Condensadores y dieléctricos”, primero observando elementos reales (condensadores de diferentes materiales y simetrías, y medidores) y luego realizando un Laboratorio virtual empleando como recurso el simulador de uso libre “Laboratorio de condensadores” disponible en <https://phet.colorado.edu/es/>. El simulador resulta “amigable” pues presenta los comandos en español, aludiendo a los nombres usuales de las magnitudes físicas y presentando representaciones icónicas sencillas para interpretar las medidas de las variables involucradas en el proceso de carga de un condensador. Este recurso virtual simula un laboratorio en el cuál pueden medirse capacidad, carga, diferencia de potencial, campo eléctrico de un condensador de placas planas con y sin dieléctrico en su interior. El “Laboratorio de condensadores” muestra, mediante imágenes, representaciones de un condensador de placas planas al que se puede conectar una batería de c.c. Mediante representaciones gráficas de barras el simulador indica, en una situación particular, la capacidad del condensador, su carga y energía

almacenada. El observador puede optar por mostrar la distribución de cargas en las placas, así como las líneas de campo eléctrico en su interior, y medir la diferencia de potencial entre ellas. La figura siguiente muestra una pantalla de este simulador.

**FIGURA 2.** Pantalla mostrada por el simulador Phet para el condensador sin dieléctrico



Los informes empleando UVE de Gowin requerían completar los campos que la configuran, a saber: Campo conceptual (campo conceptual del tema bajo estudio; conceptos, principios, leyes y teorías en los que se encuadra la experiencia), objeto de estudio, preguntas referidas al tema bajo estudio (los objetivos de la experiencia) y Metodología (recogida de datos, organización, elaboración de conclusiones). Los alumnos utilizaron por primera vez este recurso para la producción del informe, luego de una breve explicación del mismo sobre su elaboración al finalizar la clase de laboratorio.

#### 4. Resultados y discusiones

Los informes de los estudiantes se presentaron en el formato impreso de la UVE entregado por los docentes, y las respuestas se organizaron en los campos que estructuran la UVE. Las categorías de análisis se conformaron de acuerdo a las respuestas brindadas y se presentan organizadas en la tabla siguiente.

**TABLA 1.** Organización de las respuestas de las UVE presentadas por los alumnos, tomados los porcentajes sobre el total de respuestas

Indicación	Respuestas de los alumnos	Porcentaje
Qué se pregunta...¿cuáles son los objetivos de este práctico?	Estudiar las características del condensador y/o los factores que afectan su capacidad	50%
	Demostrar e interpretar conceptos vistos en teoría	33%
	Realizar medidas y diferenciar capacitores	17%
¿Cuál es el objeto de estudio? ¿qué ha observado y estudiado?	Observar capacitores	25%
	Observar capacitores, estudiar dieléctricos, valor de la capacitancia, energía y voltaje	75%
Campo conceptual	Electrostática (o electrostática y condensadores)	96%
	Campo eléctrico y campo magnético	4%
Conceptos, principios, leyes	Correcta identificación de leyes, principios y conceptos	50%

del marco teórico conceptual	Identificación incompleta de leyes, principios y conceptos	21%
	Es dudoso el marco conceptual previo (identificación errónea de principios, leyes o conceptos)	29%
Interpretación de datos	Relativas al proceso de medida “hay concordancia entre lo declarado por el fabricante y lo medido”	46%
	Relativas a los factores que afectan la capacidad	54%
Conclusiones	Relativas al proceso de medida: hay variaciones en las medidas que pueden deberse a factores como condiciones ambientales, desgaste de material, etc.	27%
	Relativas a los factores que afectan la capacidad: La capacitancia aumenta al disminuir la distancia, al aumentar el área o al introducir dieléctrico	45%
	Se cumple lo estudiado en teoría (relaciones entre capacitancia y factores geométricos)	23%

La **pregunta** central en la UVE remite a los objetivos de la investigación. Más del 80% del grupo presentó objetivos tendientes a la construcción o consolidación del marco teórico conceptual, en tanto que el resto identificó como objetivo de la experiencia los procesos básicos de medida y clasificación.

El **objeto de estudio** hace referencia en la UVE al tema bajo estudio. El 25% de los estudiantes indicó “observar condensadores” mientras que el resto además aclaró aspectos específicos del tema “capacitores con dieléctricos” o “energía y voltaje en condensadores”.

Casi la totalidad de los estudiantes ubicó correctamente el **campo conceptual** del tema bajo estudio: “electrostática”, reconociendo en éste el tema “condensadores”.

Al identificar los **conceptos, principios y leyes** del campo conceptual que gobiernan los fenómenos bajo estudio, la mitad de los estudiantes realiza una correcta identificación de los mismos, mientras que el 29% presentó una selección que hace dudar de la claridad del marco teórico disponible al momento de la experiencia. Esta última observación se basa en la selección de la ley de Ohm (inadecuada para el tema) junto con los conceptos de capacitancia y asociación serie/paralelo. Entre los conceptos más relevantes para la mitad de los estudiantes están “diferencia de potencial” y “capacitancia”, mientras que se encuentran escasas referencias a “carga”, “campo eléctrico” y “energía potencial eléctrica”.

En la **interpretación de los datos** más de la mitad de los alumnos (54%) elaboraron interpretaciones que permitieron dar respuesta a la pregunta de los factores que afectaban la capacitancia. El resto de los estudiantes (46%) se limitó a comparar los resultados de la medida de la capacidad con los valores declarados por el fabricante. Entre las primeras respuestas, los alumnos toman la información brindada por el simulador para realizar inferencias relativas a la forma en que los factores geométricos y los dieléctricos afectan la capacitancia, la carga, la diferencia de potencial y la energía almacenada por el condensador. La otra parte de los alumnos recurrieron en sus interpretaciones a la parte “real” de la experiencia en la cual se realizaron medidas de capacitancia de condensadores de diferentes características.

Respecto a las **conclusiones** de los alumnos en la UVE, un 20 % aproximadamente sólo interpretó comparando los valores medidos con los nominales proporcionados por el fabricante, reconociendo que las diferencias pueden deberse a factores como desgaste

del material, año de elaboración, etc. Del resto de los estudiantes, el 63% hizo referencia a los factores que afectan la capacidad y sus relaciones, tanto en lenguaje verbal (dominante) como simbólico algebraico, mientras que el 37% restante aludió al cumplimiento de los principios y leyes según lo estudiado, sin hacer referencias particulares que permitan dar cuenta del alcance de esta reflexión.

## **5. Conclusiones**

Como resultado de esta experiencia preliminar que pretende explorar la potencialidad del empleo de herramientas metacognitivas como la UVE de Gowin en la elaboración del informe reflexivo y consciente del Laboratorio, de manera de trascender la mera respuesta a las preguntas elaboradas por el docente y participar de modo activo en el aprendizaje, se puede concluir que casi la totalidad de los estudiantes identificaron correctamente el tema bajo estudio, aunque para la mitad de los mismos no es clara la interrelación entre el cuerpo teórico de conocimientos y la tarea experimental realizada. La mitad del grupo se apropió adecuadamente de la finalidad de la tarea experimental al identificar como objeto de estudio estudiar “capacitores con dieléctricos” o “energía y voltaje en condensadores”.

Del planteo de los objetivos del laboratorio con el uso de la UVE, se pudo reconocer dos posibles grupos de estudiantes: el conformado por aquellos que pretendían reconstruir el marco conceptual caracterizando los condensadores y los factores que afectan la capacidad, validando en algunos casos lo estudiado en teoría, y el grupo de alumnos que priorizaron en el laboratorio los procesos de medida y clasificación. Esta caracterización surge de observar que la mitad de los estudiantes plantearon como objetivo de la experiencia de Laboratorio cotejar lo aprendido en teoría con los resultados del experimento.

Más de la mitad de los alumnos establecieron conclusiones que reforzaron el marco teórico conceptual del tema, al establecer relaciones entre las variables que afectan la capacidad de un condensador plano; estas relaciones fueron dadas en general en lenguaje verbal y en algunos casos empleando representaciones algebraicas simbólicas.

En este trabajo se ha visto que la UVE de Gowin permitió a los estudiantes organizar los informes de Laboratorio de una forma más personal, en la que deben poner en juego el grado de significatividad de la tarea, así como estrategias de comprensión y reflexión sobre la experiencia, aspectos que no son evidentes en la presentación tradicional del informe de Laboratorio. Por otra parte, cabe señalar que el empleo de esta herramienta heurística requiere una preparación previa más intensiva a fin de instruir a los alumnos en su uso, como señala O. Ramos (2009), a fin de propiciar en los estudiantes el desarrollo y la puesta en acción en el Laboratorio no sólo de los procesos cognitivos básicos de observación, comparación y clasificación, sino también de los más complejos como análisis, síntesis y realización de inferencias.

## **6. Bibliografía**

- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 2000, 18 (3), 369-380
- Furió, C. y Guisasola, G. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17 (3), pp.441-452

- Giacosa, N.; Giorgi, S.; Zang, C.; Maidana, J. & Such, A. (2014). Circuitos RC en corriente continua: una experiencia universitaria utilizando applets. *Journal of science education*. Vol. 15, Special Issue, 2014, ISSN 0124-5481, pp. 74-75
- Guardian, B y Ballester, A (2011). UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias. IN. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, V.3, n.1, pp. 51-62. Disponible en: [http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3\\_num1/guardianballester/index.html](http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/guardianballester/index.html).
- Guisasola, J.; Zubimendi, J.; Franco, A.; Ceberio, M. (2010). Secuencia de enseñanza basada en la investigación, para mejorar la comprensión del concepto de capacidad eléctrica en primer curso de universidad. *Investigações em Ensino de Ciências – V15(3)*, pp. 485-506, 2010
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12 (3) pp. 299-313.
- López Rua, A. y Tamayo Alzate, O. (2012). Las prácticas de Laboratorios en la enseñanza de las ciencias naturales. *Latinoam.estud.educ. Manizales (Colombia)*, 8 (1): 145-166, enero-junio de 2012
- Martinho & Pombo (2009). Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 N°2* (2009)
- Kofman, H. (2000): Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física. Disponible en: <http://www.fiquis.unl.edu.ar/galileo/download/documentos/modelos.pdf> (Consulta el 10 de julio de 2010)
- Novak y Gowin (1988). *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca. pp. 76.
- Ramos, Omaira. La UVE de Gowin en el laboratorio de química: Una experiencia didáctica en educación secundaria. *Investigación y Postgrado [online]*. 2009, vol.24, n.3 [citado 2014-11-25], pp. 161-188. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-00872009000300008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-00872009000300008&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1316-0087.
- Rosado L. y Herreros, J. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent Research Developments in Learning Technologies*
- Santilli, H. y Speltini, C. (2003). Los laboratorios de enseñanza de física desde una perspectiva histórica y social. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería - Año 4 N° 6 - Julio de 2003* pp. 23-35
- Serrano, G. y Catalán, L. (2014). Uso de las Tic en el movimiento de cargas en campos eléctricos y magnéticos uniformes. Un estudio de caso. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento – Granada (España) Año XIV Número 14 Vol. I Enero-Junio de 2014* ISSN: 1695-324X

### **Agradecimientos**

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo.

## **25TCE - TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR PARA LA INCORPORACION DE COMPETENCIAS GENERALES Y COMPLEMENTARIAS EN LA FORMACION DEL INGENIERO EN MINAS**

**SAAVEDRA, V.A.I.; MAS, M.A.**

**FCFMyN. PROIPRO 3-5-0214. Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera - (5700) San Luis. Argentina. E-mail: [veronica.a.saavedra@gmail.com](mailto:veronica.a.saavedra@gmail.com)**

### **Resumen**

En el proceso de reingeniería de una carrera de ingeniería que se lleva a cabo con el objetivo de responder a los desafíos propuestos por el Ministerio de Educación de Argentina con respecto a la formación por competencias en las carreras de ingeniería, se diseñó un modelo de formación distinto al tradicional y se generó una estrategia comunicacional para socializarlo a un pequeño grupo de docentes clave para probar su factibilidad. Siendo pertinente para este grupo, se extendió el modelo a una muestra de cinco cursos.

En la muestra tomada para la implementación de formación por competencias se intentó que los alumnos desarrollaran y adquirieran, en distinto grado de profundidad de acuerdo al año de la carrera que estaban cursando, competencias complementarias referidas a medioambiente, gestión de proyectos, responsabilidad social del ingeniero; y competencias generales referidas a las tecnologías de la información y la comunicación, interpretación de documentos e idioma inglés. Se observó que los alumnos presentan más dificultades para el desarrollo de sus competencias generales y complementarias que para las específicas. Esta etapa contribuyó a validar el modelo transversal de formación.

Posteriormente se ajustó el modelo con el agregado de espacios de trabajo colaborativo interinstitucional para la adquisición de competencias específicas de manera transversal. Se prevé para el año 2015 una instancia de formación de formadores a través de la cual se pretende la socialización del modelo complejo, su optimización e implementación.

La implementación del modelo complejo, aunque fuera parcial, daría como resultado un nuevo plan de estudios construido colaborativamente, basado en saberes multidisciplinarios, y un plan de formación más acorde al perfil actual requerido para los ingenieros en minas y los ingenieros industriales en general.

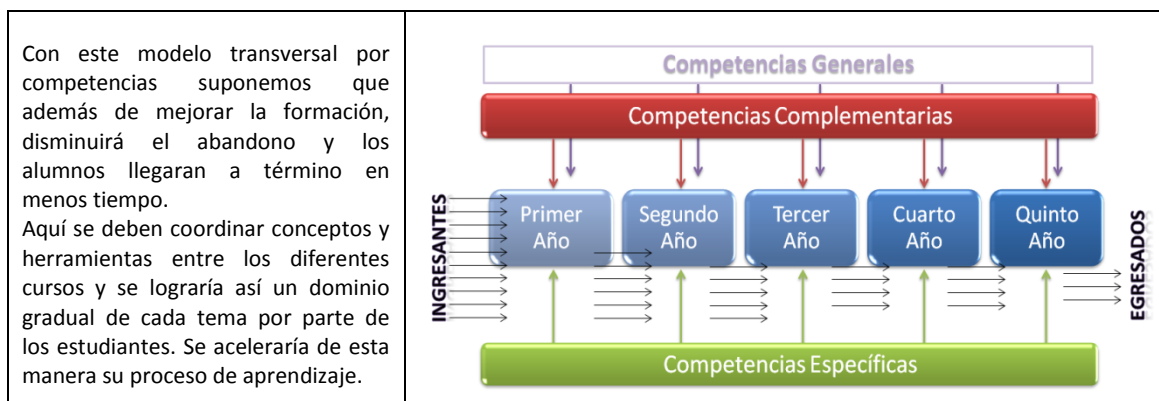
**Palabras Clave:** Innovación Curricular; Calidad en la formación universitaria; Competencias generales y complementarias en carreras de ingeniería; Comunicación Estratégica; Trabajo colaborativo y multidisciplinar.

### **1. Introducción**

Con la intención de actualizar la carrera de Ingeniería en Minas de acuerdo con los requerimientos de la Sociedad del Conocimiento, un grupo colaborativo y multidisciplinar de docentes investigadores del Departamento de Minería diseñó en el año 2012 un modelo teórico de formación distinto al tradicional, un nuevo modelo transversal y complejo que cumple con las reglamentaciones vigentes del ámbito nacional y un plan para poder desarrollarlo. Esta intención obedece a la necesidad de disminuir la brecha que existe entre el mundo real (del trabajo, de la profesión) y los procesos de formación y a la necesidad de cambiar los paradigmas del siglo XIX por los

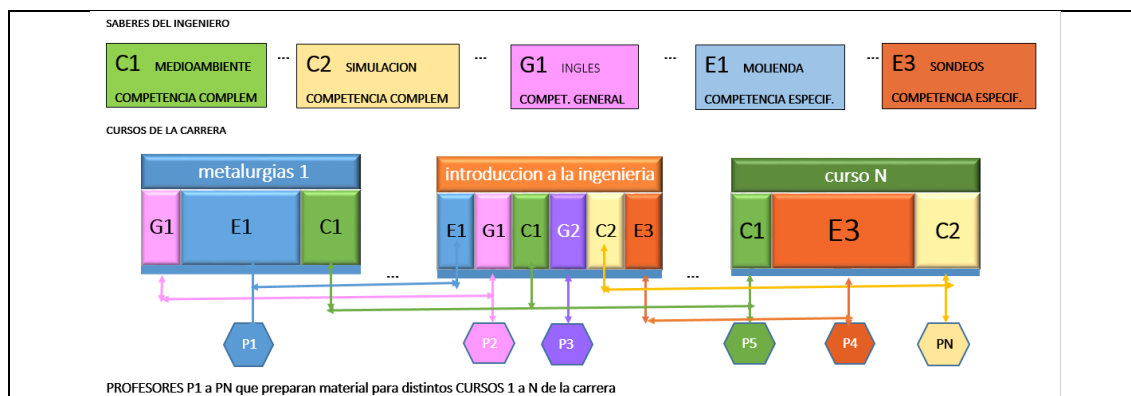
del siglo XXI. En el 2013 se diseñó una estrategia comunicacional para tratar de socializarlo a otros docentes de la organización (Saavedra V., Mas M., Benegas O.; 2013). Al inicio de 2014 el objetivo fue desarrollarlo a través de seis cursos de la carrera de ingeniería en minas (durante el periodo 2014-2016) a la vez que pretendimos generar modelos para poder difundirlo y transferirlo a otros grupos de trabajo de esta y otras carreras de ingeniería en minas. Además, intentamos determinar las características necesarias que deben tener los grupos de trabajo para adoptar e implementar innovaciones en su modelo de formación.

El nuevo modelo que se diseñó para reemplazar el tradicional, es un modelo colaborativo, complejo y transversal, de formación por competencias específicas, complementarias y genéricas (Saavedra, V. y Wiszynski, J.; 2012). Ver Figura 1.



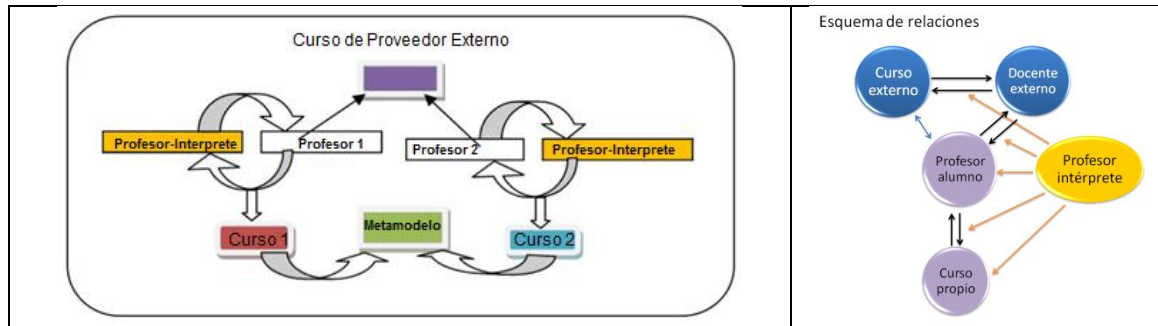
**FIGURA 1:** Esquema del modelo transversal y complejo de formación por competencias.

Se intenta aclarar el nuevo modelo de la Figura 1 con la Figura 2 donde la suma de todos los módulos de competencias (rectángulos pequeños) constituye los saberes de un Ingeniero en Minas. El conjunto de cursos 1 a N (rectángulos grandes) corresponde a los cursos del plan de estudio de la carrera. Y los docentes (exágonos del esquema) actúan en más de un curso porque estos se diseñan colaborativamente. La participación del docente en los distintos espacios curriculares no tiene por qué ser presencial. Con este esquema de aprendizaje los estudiantes lograrían un crecimiento gradual de conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes a lo largo de la carrera acercándose así al perfil profesional requerido.

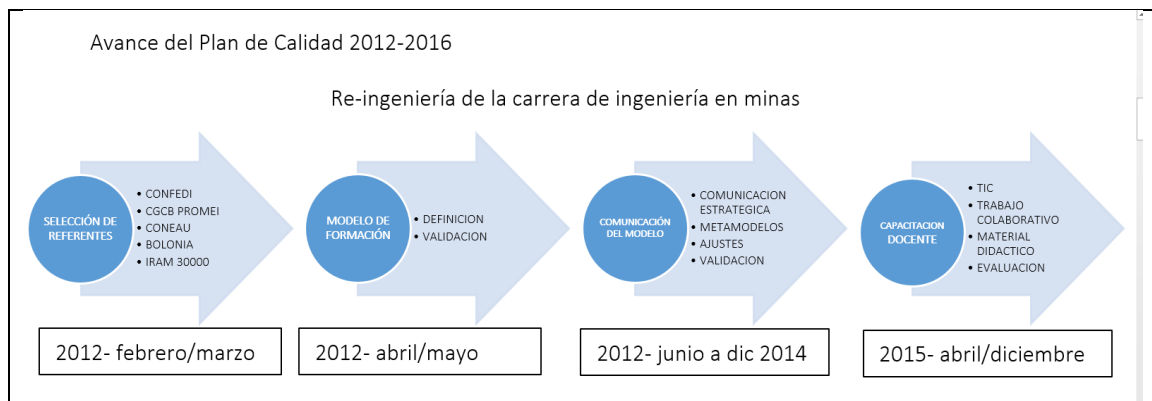


**FIGURA 2:** Diseño de cursos en el modelo transversal y complejo de formación por competencias.

Una vez diseñado el modelo teórico complejo de formación con el que intentaríamos reemplazar el modelo tradicional, trazamos un plan con la intención de implementarlo en cinco años (Fig. 4). Este incluía: a) su comunicación a una muestra de docentes con la estrategia que se detalla en la Fig. 3, b) el ajuste del modelo, c) la implementación parcial en los cursos de la muestra, d) un segundo ajuste, e) la comunicación del modelo al total de los docentes del departamento de minería a través de un curso de actualización, f) tercer ajuste del modelo y g) la implementación del modelo complejo a través de cursos de capacitación donde se planificaría la modificación del plan de estudios (hacia un Proyecto Académico) en forma colaborativa y multidisciplinar.



**FIGURA 3:** Estrategia Comunicacional empleada en la muestra y su esquema de relaciones.

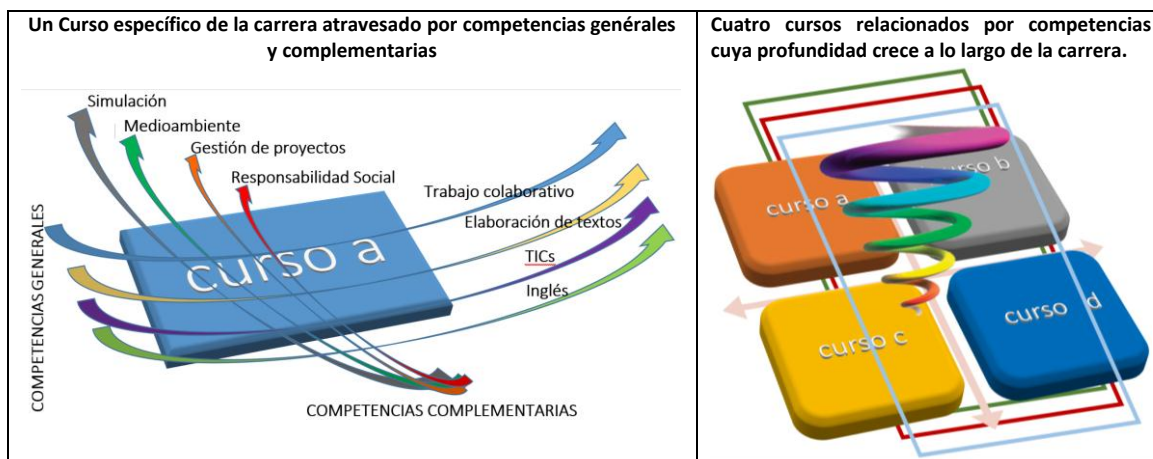


**FIGURA 4:** Esquemas del plan de mejora de la calidad en la formación: por fechas y por tareas.

## 2. Objetivos

Los integrantes pretendemos implementar de forma transversal, a través de estrategias comunicacionales específicas basadas en tecnologías de la información y la comunicación, parte de las competencias generales y complementarias que la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) y la sociedad actual demandan para el perfil profesional del ingeniero en minas y de los ingenieros industriales en general. Se intenta ejemplificar con las imágenes de la Figura 5.





**FIGURA 5:** Relaciones en un curso y entre cursos dadas por la formación por competencias del modelo

Nuestro objetivo secundario fue diseñar modelos y metamodelos que sirvieran de guía para implementar las mismas competencias transversales (que ya se probaron en una muestra) en otros cursos de esta y de otras carreras de ingeniería.

El objetivo que nos avoca en la actualidad es la comunicación del modelo al grupo de trabajo completo y la socialización de las innovaciones que pretendemos implementar a la comunidad de formadores para obtener nuevos aportes y así optimizar nuestro plan de reingeniería de la carrera.

### 3. Metodología

El enfoque metodológico adoptado es de carácter cualitativo desde la perspectiva de los estudios etnográficos y el abordaje de la carrera y de la organización en donde se desarrolla la misma se realiza como estudio de caso.

Para la recolección de la información, con la intención de generar el nuevo modelo de formación, se analizaron:

- Documentos referentes a la formación en ingenierías (Industrial y Minas), entre ellos: documentos de la SPU (Secretaría de Políticas Universitarias), CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria), CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería), ANEECA (Agencia Nacional Española de Evaluación de la Calidad y Acreditación) y modelos de formación de universidades europeas implementados, luego del tratado de Bolonia (1999), para del EEES (2004);
- Entrevistas a profesores y alumnos de la carrera en cuestión, entrevistas a otros profesores de otras carreras de ingeniería nacionales (U.N.A. Jauretche, U.N. de Jujuy, U.N. La Plata) y extranjeras (UBC de Canadá, UAH de España, UP de Portugal);
- Información y experiencias obtenidas por la asistencia, en el periodo 2012-2013, a congresos nacionales ("XXXVI Jornadas IRAM Universidades, 2012" y el "XI Encuentro de Universidades Nacionales, EUNA 2013") e internacionales ("World Engineering Education Forum de la Ciudad de Buenos Aires, WEEF 2012" y el "VII Encuentro Nacional y IV Latinoamericano de la Universidad como Objeto de Investigación", San Luis, 2013) donde se verificó el estado del arte en lo referido a

formación en ingenierías y se compartieron experiencias, información e ideas con actores del ámbito de la formación universitaria nacional e internacional.

Para la comunicación y optimización del modelo se diseñó una estrategia comunicacional específica que se aplicó en una muestra.

Para la socialización e implementación del modelo de formación optimizado se diseñó una estrategia comunicacional basada en cursos de capacitación docente.

#### **4. Resultados**

En cinco cursos de la carrera, los que fueron elegidos como muestra, se implementaron transversalmente parte de las competencias seleccionadas.

Los cursos fueron Planta de tratamiento de minerales de 5to año, Medioambiente en Minería de 5to año, Sociedad e Instituciones de 4to año, Metalurgias Especiales de 3er año y de 1er año un curso que se desarrolla en simultáneo para dos planes de estudio distintos: Introducción a la Ingeniería/Introducción a la Ingeniería en Minas. Se seleccionaron estos espacios curriculares porque tres docentes del proyecto participábamos en estos cursos. Además había alumnos que cursaban más de una de las materias y pudimos comparar las diferencias de comprensión con los que cursaban solamente una. También hubo dos alumnos de los años superiores que fueron auxiliares en el curso de primer año lo que nos permitió también ver relaciones y diferencias, entre las competencias de los alumnos formados bajo la nueva modalidad y los anteriores, que de otra manera no nos hubiera sido posible.

Las competencias complementarias que se transversalizaron, en distinto grado de profundidad de acuerdo al año de la carrera, fueron referidas a medioambiente, desarrollo de proyectos y responsabilidad social del ingeniero en minas. Las competencias generales que se intentaron transversalizar fueron: a) referidas a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tales como procesos de búsqueda, generación y uso de herramientas on-line y off-line, uso de espacios colaborativos; b) comprensión de textos a través de lecturas de artículos (de divulgación y científicos -en inglés y castellano-), reglamentaciones e informes específicos y proyectos reales en ejecución; c) idioma inglés: se intentó incorporar material didáctico en inglés y dar parte de una clase en inglés sin mucho éxito. En el año 2014 alumnos de primero a quinto año se matricularon en cursos MOOCs de idioma inglés, creemos que en el año 2015 este punto c) tendrá más éxito. Se observó que los alumnos presentan más dificultades para el desarrollo de sus competencias generales y complementarias que para las específicas.

Sobre el equipo docente participante a través de la estrategia comunicacional definida: En la actualidad, diciembre 2014, hay dos docentes auxiliares con títulos de postgrado que pertenecen al Proyecto de investigación 3-5-0214 que se están capacitando bajo la modalidad de la figura 3 y que pertenecen a una generación distinta a la de los docentes de la muestra anterior (más de 35 años de diferencia) con lo que se pretende ajustar la estrategia comunicacional a otra población (nativos tecnológicos) y tratar de obtener un metamodelo de curso base para la implementación transversal de competencias

generales, complementarias y ahora también específicas. A principio de año otra docente auxiliar, quien también pertenece al proyecto, con título de grado realizó esta capacitación y quedó muy conforme con las herramientas adquiridas y mejoró, desde su punto de vista, el desarrollo de los cursos en los que participa.

En el año 2013 tres docentes profesores participaron de la estrategia comunicacional y adhirieron a cambiar sus cursos bajo la nueva modalidad pero uno de ellos se jubiló a fines de 2013 quedando sus cursos a cargo de otros docentes ajenos a la muestra, otro a fines de 2014 produciéndose el mismo caso y el tercero a causa del retiro del primero pasó a cubrir otras funciones disminuyendo su tiempo en el proyecto. Por lo que al inicio de 2015 tendremos nuevamente solo tres docentes con una primera capacitación a través de la estrategia comunicacional definida.

Se intentó socializar el modelo al resto de los docentes para iniciar su implementación formal pero la gestión y las condiciones del departamento habían cambiado al inicio de 2014. Por lo que se avanzó con otra rama del plan que era generar espacios de trabajo colaborativo e interinstitucional donde los estudiantes puedan adquirir además de competencias generales y complementarias, competencias específicas de manera transversal, participando en comunidades de prácticas convocadas a través de proyectos especiales.

Están previstos para 2015, un curso para la formación de formadores del Departamento de Minería donde se presentará el modelo complejo para la reingeniería de la carrera y se trazará un plan colaborativo y multidisciplinar para la modificación del plan de estudios de la carrera y el plan de formación, basada en la implementación transversal de competencias.

## **5. Conclusiones**

En la muestra tomada los resultados fueron buenos, podrían ser mejorados si las relaciones se extendieran a través de más cursos, para lograr esto es necesario mejorar la comunicación interna del departamento.

No se puede considerar que esta experiencia sea una implementación real, más bien podría ser considerada como una validación de modelo o prueba piloto, ya que se dio en un momento determinado bajo condiciones muy particulares tal que si no estuvieran los mismos actores tal vez no se podría repetir. Es necesario sistematizarla incorporándola a las prácticas habituales de la organización (Departamento de Minería).

Si bien la cultura organizacional aún es la misma, la matriz cultural en la gestión anterior tenía más apertura a la comunicación externa por lo que su tendencia a la innovación era mayor. En la gestión actual no se pudo extender el proyecto a más integrantes ni a más cursos pero se avanzó en otros aspectos que le darán a los docentes mayores posibilidades para la formación de sus alumnos y permitirán mejorar la adquisición de competencias específicas al alumnado.

Finalmente la socialización e implementación del modelo complejo aunque fuera parcial daría como resultado un nuevo plan de estudios construido colaborativamente y basado en saberes multidisciplinarios y un plan de formación más acorde al perfil requerido para

los ingenieros en minas, disminuyendo así el desfase entre la realidad del ámbito social y laboral y la realidad del ámbito académico.

## 6. Bibliografía

ANECA, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, “Libro Blanco, Título de Grado en Ingeniería de Minas y Energía”, España 2004.

Corti, A.M. (2010). Reforma educativa y cambio institucional en las Universidades: Las regulaciones en el campo de las ingenierías. L.A.E. - Laboratorio de Alternativas Educativas, Consideraciones sobre acreditación, mercantilización y regulación en las universidades latinoamericanas, 1: Capítulo III. Pág. 39-64. ISBN 978-987-1504-15-2.

Corti, A.M. (2003), “*Innovación estructural e institucionalización del cambio*”, Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el Siglo XXI, San Luis.

EEES, Espacio Europeo para la Enseñanza Superior, Declaración de Bolonia, junio de 1999, en [http://www.eees.es/pdf/Bolonia\\_ES.pdf](http://www.eees.es/pdf/Bolonia_ES.pdf).

García SanPedro, M. J. y Gairin Sallán, J. (2010). Mapas de Competencias: Una Herramienta para Mejorar la Calidad de la Formación Universitaria. REICE Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (2011) Volumen 9, Número 1: 84-102.

Morano, D. y Fernandez, M. (2012). 385. Rol del gobierno en la educación en ingeniería: Reingeniería de la educación en ingeniería. M.E. ISBN 987-987-1896-03-5. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 244). Bs.As.: EdUTecNe.

Saavedra, V. y Mas, M. (2014). Proyecto PROIPRO 3-5-0214, Formación en Ingenierías: Trabajo Colaborativo y Multidisciplinar para la Implementación de Competencias generales y complementarias en forma transversal, accesible en <http://e-portfolio-saavedra-veronica.blogspot.com.ar/2014/12/proyecto-3-5-0214-formacion-en.html>

Saavedra, V.; Mas, M.; Benegas, O. (2013). ¿Hacia un Cambio de Cultura Organizacional?, publicado en los anales del VII congreso latinoamericano de La Universidad como Objeto de Investigación, UNSL, San Luis.

Saavedra, V. y Wiszynski, J.M. (2012). Normalización de Actividades en la Carrera de Ingeniería en Minas de la UNSL para la Implementación del Plan de Calidad en la Formación. XXXVI Jornadas Iram Universidades, 1-20, accesible en <http://www.fices.unsl.edu.ar/~uniram/trabajos/101%20-NORMALIZACION%20DE%20ACTIVDADES%20EN%20CARRERA%20INGENIER%20C3%8DA%20%20EN%20MINAS%20-Saavedra,%20V.,%20Wiszynski%20J.pdf>

Sumsion, J. y Goodfellow, J. (2004). Identifying generic skills through curriculum mapping: A critical evaluation. Higher Education Research & Development, 23: 329-346.

Troiano, Helena (2000). Estrategias para el cambio de las prácticas docentes en la universidad, Educar, 27: 137-149.

## **26TCE - IMPLEMENTACIÓN DE UN CANAL EDUCATIVO EN YOUTUBE PARA APOYAR EL CURSO FÍSICA I PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA UNED DE COSTA RICA**

**ARGUEDAS MATARRITA, C. A.**

**Encargado de la cátedra de física. Escuela de ciencias exactas y naturales.  
Universidad estatal a distancia (uned), costa rica. [Carguedas@uned.ac.cr](mailto:Carguedas@uned.ac.cr)**

### **Resumen**

Para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje del curso física I para la enseñanza de las ciencias se elaboro una serie de videotutoriales dirigidos a la resolución de problemas para agruparlos en un canal de YouTube, este trabajo se valido con un grupo de estudiantes del curso física II para la enseñanza de las ciencias.

El canal educativo permite que los estudiantes puedan analizar problemas representativos de los tópicos que se deben abordar en este curso, apoyando el aprendizaje de la física en un modelo de educación a distancia.

### **Palabras clave**

Física, YouTube, UNED

#### **1. Introducción**

En los últimos años, el uso de tecnología se ha tornado más accesible y común en los entornos educativos impactando directamente el proceso de enseñanza y aprendizaje. En esta línea actual, las universidades y centros de enseñanza deben considerar este aspecto y apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje con las herramientas que la tecnología nos brinda, de esta forma el impacto que produce tiene un mayor alcance en menor tiempo.

Una de las herramientas que por sus características audiovisuales se ha convertido en un recurso muy importante, es el video didáctico. Es así como Salas citado por De la Cruz (2011) explica que:

El video didáctico es un medio de comunicación que posee un lenguaje propio, cuya secuencia induce al receptor a sintetizar sentimientos, ideas, concepciones etc., que pueden reforzar o modificar las que tenía previamente. Permite metodizar actuaciones y enfoques, profundizar en el uso de técnicas, recomponer y sintetizar acciones y reacciones, así como captar y reproducir situaciones reales excepcionales, que pueden estudiarse y analizarse minuciosamente en diferentes momentos. (p.4).

En América Latina el uso del video didáctico nace con la necesidad de implementar mejores recursos didácticos. Según Daza (2012), en la década de los sesentas el uso del video se expande progresivamente en los centros educativos, en lo que se denominaba televisión en circuito cerrado, lo cual marca el inicio de la incorporación del video como herramienta para el aprendizaje. En la UNED, desde su creación se considera que los

audiovisuales son una herramienta para facilitar la educación a distancia, según consta en el estatuto orgánico, capítulo III de esta institución (UNED, 2001, p. 12).

De esta forma, en el año 1977 se establece la Oficina de Audiovisuales, la cual más tarde pasó a ser el Programa de Producción de Material Audiovisual; este programa se ha encargado de producir videos educativos enfocados en facilitar el proceso educativo.

La cátedra de física se ha caracterizado por ser pionera en el uso de los recursos audiovisuales como un medio para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje; es así que desde el año 1999 se comenzaron a elaborar materiales audiovisuales enfocados en la explicación de un tema particular para apoyar los cursos de física que ofrece a sus estudiantes.

En Costa Rica, ninguna de las universidades públicas o privadas hasta la fecha ha implementado un canal para apoyar los cursos de física que se imparten en estos centros de enseñanza. En el ámbito de la UNED, el Programa de Aprendizaje en Línea (PAL), cuenta un canal en YouTube en el que alojan una serie de videos para orientar a los estudiantes en el uso correcto de las plataformas virtuales donde se ofertan los cursos en línea.

El canal de YouTube elaborado es para apoyar la resolución de ejercicios representativos de los tópicos que se abarcan en este curso, inicialmente se ha elaborado ocho videotutoriales desde una perspectiva didáctica.

## **2. Desarrollo**

La enseñanza y aprendizaje de la física en un ambiente de educación a distancia, se convierte en un proceso complejo debido al poco tiempo que se dedica a las tutorías presenciales, por lo que se hace necesario que la universidad proporcione a los estudiantes herramientas que ayuden a facilitar su aprendizaje. Valverde (2009) señala que la tecnología permite, en el caso de la educación a distancia, la creación de espacios pedagógicos más flexibles y generados desde una participación interactiva con el alumno, garantizando la adecuación de los procedimientos pedagógicos; en el caso de la enseñanza de la física los recursos tecnológicos brindan un valor potencial muy alto que se puede utilizar para mejorar el servicio que oferta la cátedra de física de la UNED.

Este trabajo se realiza para apoyar el curso física I para la enseñanza de las ciencias naturales, ya que según los datos suministrados por la cátedra de física, en los últimos años este curso ha tenido un porcentaje de aprobación que oscila entre el 27% y el 31 %, por lo que se considera como un curso de alta dificultad.

En este curso se abordan ocho temas, los cuales se deben explicar en un total de cuatro tutorías cada una de tres horas, haciéndose necesario mayor apoyo hacia el estudiante por parte de la cátedra de física, en este sentido, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) nos brindan vías de comunicación para apoyar al estudiantado.

En este sentido YouTube es una TIC que posee un alto valor de impacto ya que, se puede acceder a este recurso desde diferentes medios tales como: computadoras, tabletas, celulares y televisores inteligentes. Este aspecto le proporciona facilidad de accesibilidad y usabilidad a los materiales que se encuentran en este sitio, lo que

permite tener una mayor cobertura de la población estudiantil a la que se dirige este canal educativo.

El establecimiento de este canal proporcionará una herramienta valiosa de apoyo al estudiante, ya que en él se pueden incorporar ejercicios resueltos, instrucciones para usar equipo de laboratorio y materiales audiovisuales que refuercen su proceso de aprendizaje, acercando la enseñanza de la física y cuando ellos lo requieran por un medio que tienen a su disposición.

### **La Educación a Distancia**

La educación a distancia es una modalidad que ha venido ganando aceptación debido a sus características que se ajustan a las necesidades de muchos estudiantes que por diversos motivos presentan dificultades para acceder al sistema de educación convencional. El aspecto más sobresaliente de esta modalidad es la flexibilidad que brinda acceso a la educación a cualquier hora del día, desde lugares distantes a los cuales la educación tradicional no puede llegar y sin necesidad de estar presente en un recinto escolar a la hora de estudiar y de una manera independiente. Coicaud (2002) explica que:

La educación a distancia surge históricamente y se consolida como una modalidad plural que posibilita a muchos sectores relegados de la población, estudiar en forma sistemática. Sin embargo, pluralidad no es lo mismo que pluralismo. Una propuesta pluralista de educación a distancia es aquella que atiende, valora y se inscribe en la diversidad, reconociendo los múltiples modos en que cada cultura atribuye significados y resuelve sus problemas. (p. 9).

La educación a distancia demanda una comunicación entre docentes y estudiantes a través de un diálogo mediado, sea éste simulado, real, síncrono o asíncrono. Éste particular conlleva consigo la necesidad de una cuidadosa creación de materiales didácticos para lograr alcanzar los objetivos de cada curso de manera efectiva dentro de un proceso de enseñanza y aprendizaje.

### **La resolución de problemas en la enseñanza de la física**

La física está conformada por un cuerpo de conocimientos que facilitan la comprensión del mundo en el que vivimos, surge por la necesidad de resolver una serie de interrogantes o problemas que en su momento no tenían explicación.

Para Varela (2004) “un problema para los alumnos es cualquier situación cualitativa o cuantitativa que se les plantea dentro del contexto escolar y a la cual tienen que dar una solución” (p.18), por otra parte, Eylon & Linn citados por Varela (2004) señalan que en el campo específico de la física, debido al alto desarrollo teórico y práctico de esta disciplina, la resolución de problemas se puede conceptualizar de la siguiente manera:

La resolución de problemas en un dominio como la Física tiene la ventaja de tener características del mundo real al mismo tiempo que está asociada a un dominio de conocimiento bien estructurado (los principios de la Física) y unos procedimientos bien definidos de la resolución de problemas. (p. 21).

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física la resolución de problemas tiene un papel importante ya que permiten la aplicación del cuerpo conceptual analizado en la

clase, al respecto Ortiz (2010) señala que “la resolución de problemas es una de las tareas que permite lograr mayor activación del pensamiento en los alumnos” (p. 2), además, “implica una situación de transferencia de conocimientos, ocupando un lugar relevante en el proceso educativo universitario como estrategia de enseñanza, como actividad de aprendizaje y como instrumento de evaluación” (Concari, 2002. p.1), por lo que es una actividad inherente de los cursos de física ya que “Aprender a resolver un problema es absolutamente indispensable; es imposible saber física sin poder hacer física” (Young & Freedman, 2009, p.2).

### ¿Cómo resolver problemas de física?

Existen varias formas de resolver un problema de física, en las etapas iniciales que los estudiantes enfrentan problemas de física, es necesario aplicar una estrategia de resolución de problemas que facilite el aprendizaje, al respecto Young & Freedman (2009), recomiendan la estrategia que se detalla a continuación:

- Identificar los conceptos pertinentes: permite analizar que ideas de la física son relevantes del problema. Aunque este paso no implica hacer cálculos, a veces es la parte más difícil.
- Plantear el problema: con base en los conceptos que se eligieron en el paso de identificación, se seleccionan las ecuaciones que se usarán para resolver el problema. Si resulta apropiado, se dibuja la situación descrita en el problema.
- Ejecutar la solución: En este paso se “hacen las cuentas”. Antes de enfrascarse en los cálculos, se debe hacer una lista de las cantidades conocidas y desconocidas e indicar cuál o cuáles son las incógnitas o las variables, por último se deben despejar las incógnitas en las ecuaciones y resolver el problema.
- Evaluar la respuesta: La meta de la resolución de problemas en física no es solo obtener un número o una fórmula; es entender mejor, ello implica examinar la respuesta para ver que nos dice. En particular se debe realizar la pregunta ¿Es lógica la respuesta? (p. 3).

Estos pasos ayudan a resolver el problema de forma ordenada, además permite verificar con mayor facilidad en qué aspecto se falló, Fonseca, Hurtado, Lombana & Ocaña (2006), señalan que “los ejercicios y problemas tienen un valor pedagógico inherente, ya que obligan a los alumnos a realizar un análisis, a plantear una cierta estrategia metodológica” (p. 42) y proponen los pasos que se muestran en la siguiente figura:

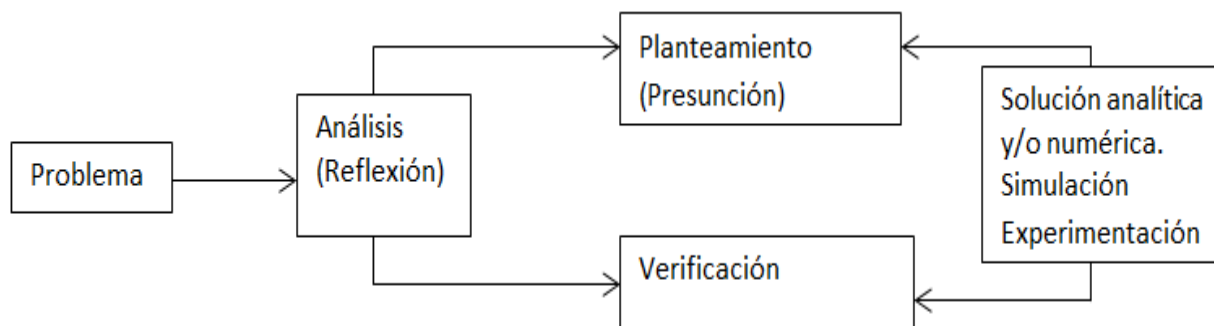


Figura 1. Posibles pasos para resolver problema. Fuente.(Fonseca, et al. 2006)

En la enseñanza de la física se debe evitar que la resolución de problemas se convierta en un proceso mecánico, Fonseca et al. (2006), señalan que para evitar esta situación,



los estudiantes deben realizar una descripción cualitativa que contenga los siguientes componentes:

- Descripción de la situación planteada, incluyendo información dada y solicitada.
- Teoría física que enmarca la situación a estudiar; principios o conceptos físicos que aplicará para resolver el problema.
- Claridad en el modelo físico y matemático a ser aplicado, es decir, justificar el procedimiento a seguir.
- Aplicar el procedimiento y contrastar o verificar los resultados.(pp. 44-45)

Teniendo en cuenta estos componentes los estudiantes van interiorizando que la física es una ciencia que va más allá de las formulas y los números y que en la resolución de problemas se debe realizar un análisis profundo y para tratar de verificar si el resultado que se obtiene es coherente o si tiene una explicación física que se acerca a los fenómenos naturales.

### **Video tutoriales**

Un video tutorial muestra paso a paso el procedimiento a seguir para lograr algo, por ejemplo el ensamble de un dispositivo, una receta, o la resolución de un problema. El video tutorial es una herramienta que facilita la comprensión de contenidos debido a la posibilidad que ofrecen de reproducirlos las veces que sea necesario y en cualquier lugar donde haya internet, si se encuentran alojados en una plataforma de aprendizaje o en un sitio web. Al respecto Rodenas (2012) expone que “la utilización de videos tutoriales en educación nos facilita la atención personalizada del alumno y que cada uno de ellos avance en el aprendizaje según su propio ritmo, propiciando que los aprendizajes sean significativos” (p. 3).

En la era de la tecnología, la mayoría de las personas pasan mucho tiempo viendo televisión o trabajando en la computadora por lo que la exposición a los videos forma parte de la vida diaria de un individuo.

El video tutorial en muchas ocasiones logra recrear situaciones de aprendizaje más vívidas que las que se pueden ilustrar en el salón de clase. Esto permite llegar de manera visual y auditiva a un número mayor de estudiantes favoreciendo diferentes tipos de inteligencia para una mejor aprehensión de los contenidos y de las experiencias de aprendizaje. Estos aspectos contribuyen a que el aprendizaje sea significativo. Al respecto Ausubel (1983) citado por Melgarejo, Conejo & Meza (2010) explica que:

Un aprendizaje se dice que es significativo cuando una nueva información (concepto, idea, proposición) adquiere significado para el aprendiz a través de una especie de anclaje en aspectos relevantes de la estructura cognitiva preexistente del individuo, o sea en conceptos, ideas, proposiciones ya existentes en su estructura de conocimientos (o de significados) con determinado grado de claridad, estabilidad y diferenciación. (p. 43).

Para elaborar un video tutorial se necesita además del computador, una cámara web, un micrófono y un programa de captura y edición de video y audio. Para la elaboración de video tutoriales existen diferentes programas tanto gratuitos como de pago que facilitan lo que se denomina *screencasting* o captura de lo que aparece en la pantalla. Algunos programas gratuitos son: WINK, Debut, Camstudio, Copernicus y Screencast-O-Matic.com.

Estos programas de pago son costosos y la diferencia en precios entre un programa de pago y uno de software libre, se basa en la cantidad de efectos, transiciones, facilidad de uso y cantidad de formatos de edición de salida del video. La mayoría de los programas de pago ofrecen períodos de prueba para ver su funcionalidad.

En el caso de los videotutoriales para el canal YouTube del curso de Física I para la enseñanza de las ciencias naturales, se decidió usar el programa Camtasia Studio.

### **3. Metodología**

#### **Proceso de realización de los videotutoriales**

Los pasos que se siguieron para elaborar los videotutoriales se detallan a continuación:

1. Planteamiento escrito de la resolución de los problemas
2. Búsqueda y selección de imágenes para ilustrar los problemas
3. Montaje del planteamiento escrito en presentación de Power Point
4. Revisión de la presentación de Power Point
5. Captura de imágenes de la presentación de Power Point usando el programa Camtasia Studio
6. Escritura del texto que conduce a los estudiantes a través de la presentación del video
7. Grabación del texto y edición del mismo
8. Búsqueda y selección de melodía de fondo del video
9. Edición de imágenes, audio, y melodía en la consolidación del video
10. Revisión minuciosa de producto final
11. Creación de cuenta en YouTube para la apertura del canal
12. Carga de videos en el canal de YouTube
13. Prueba del funcionamiento correcto del canal de YouTube.

El tiempo promedio de elaboración de cada video teniendo en cuenta el procedimiento previamente expuesto fue de ocho horas.

La dirección electrónica del canal de YouTube es:  
<http://www.youtube.com/user/unedfisical> .

#### **Proceso de validación del canal de YouTube**

La validación del Canal de YouTube se realizó con un grupo de estudiantes del curso Física II para la Enseñanza de las Ciencias, la selección de este grupo en particular se debe a que ya llevaron el curso física I para la Enseñanza de las Ciencias, donde se estudió este tema y por lo tanto su opinión podía ser más objetiva al conocer la materia.

La validación se realizó con un instrumento en el que debían valorar aspectos tales como: las consideraciones sobre el audiovisual y las consideraciones sobre el contenido y tratamiento del tema. El instrumento fue completado por once estudiantes, el problema resultó que observaron fue sobre el tema de “Trabajo y energía”.

### **Consideraciones sobre el audiovisual**

Con respecto a la forma del audiovisual, se les pidió a los estudiantes que clasificaran el tema musical de fondo que acompaña al audiovisual y los once estudiantes concordaron en que el tema era adecuado y no desviaba o distraía la atención de la explicación que se exponía. Hay que recordar que el objetivo del tema musical no es adornar la imagen, sino complementarla. Al respecto Suarez (2012) explica que “el sonido tiene un valor añadido ya que tiene la capacidad de guiar la atención visual y de imprimirle a la imagen ciertas características abstractas” (p.62).

Las segunda y tercera preguntas del instrumento eran referentes a la nitidez del audio y de la imagen de video. Los once estudiantes del grupo contestaron que ambos aspectos mostraban excelente calidad ya que el audiovisual se veía y escuchaba claramente.

La cuarta pregunta del instrumento se formuló en relación a la duración del video, a lo cual también el cien por ciento de los estudiantes coincidieron en que la duración (3 minutos y 35 segundos) era pertinente. Con respecto a la importancia del tiempo en un producto audiovisual, Valverde (s.f.) indica que:

A la hora de elaborar un audiovisual el factor tiempo es muy importante y se debe aprovechar cada segundo para darle un buen ritmo. Unos pocos segundos pueden convertirse en una eternidad. Se ha de ser breve y concreto. Todos y cada uno de los elementos visuales, sonoros y textuales deben contener la información precisa y nada más. (p. 8).

Sin embargo, un aspecto importante a tomar en cuenta fue en relación a la pregunta número cinco donde se les consultó acerca de la velocidad con que pasan las imágenes. Siete estudiantes (63%) concordaron en que algunas de las imágenes pasaban muy rápido, mientras que para cuatro estudiantes (37%) la velocidad era adecuada.

La sexta pregunta se formuló en base a la voz usada para la locución del audiovisual. En este aspecto, diez de los once estudiantes (91%) coincidieron en que la voz usada contribuye para entender el problema.

Finalmente, se les pidió a los estudiantes que indicaran cuál sería el mejor lugar para que apareciera el enlace al canal de YouTube. Aquí las respuestas fueron variadas y se muestran en la figura 2.

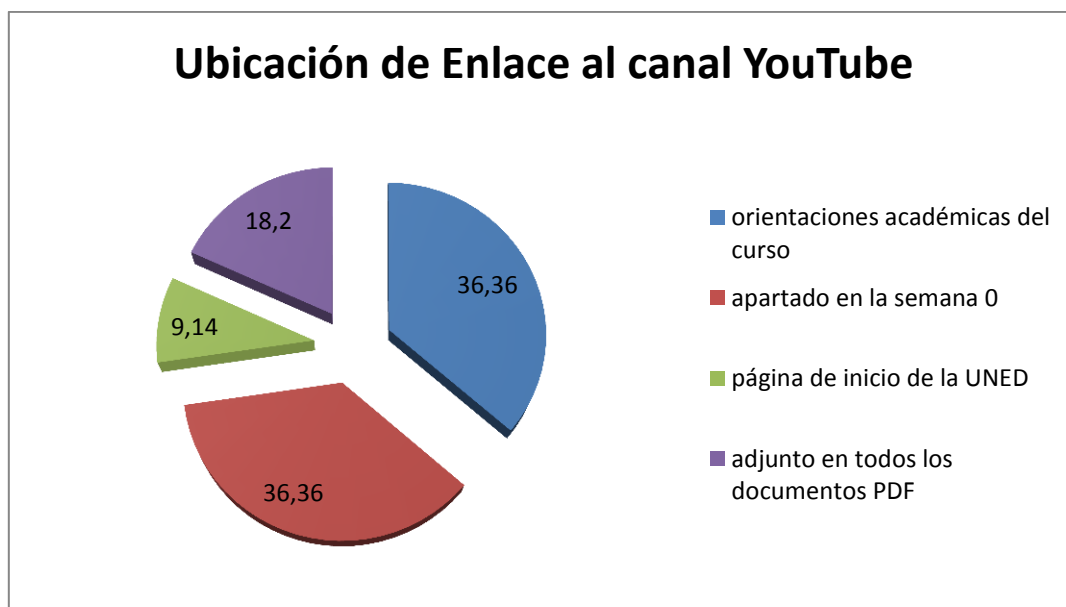


Figura 2. Cuestionario de validación del producto tecnológico. (Fuente cuestionario aplicado a estudiantes del curso física II para la enseñanza de las ciencias, en el segundo cuatrimestre del 2013)

### Consideraciones sobre el Contenido y Tratamiento del Tema

En cuanto a las consideraciones sobre el contenido y tratamiento del tema, la octava pregunta del instrumento pedía a los estudiantes que dieran su criterio acerca de la explicación que se da en el audiovisual. Diez de los once estudiantes (91%) coincidieron en que la explicación era clara y contribuía en gran manera a apoyar y entender problemas similares que se presentaban en el curso.

La pregunta número nueve del instrumento pedía a los estudiantes que dieran su criterio acerca de la relevancia del tema que se explicaba en el audiovisual. Aquí, igualmente diez de los once estudiantes (91%) coincidieron en que el tema contribuía en gran manera a apoyar y entender problemas similares que se presentaban en el curso.

La pregunta número diez del instrumento era una pregunta abierta que pedía a los estudiantes que señalaran el aspecto que más les gustaba del audiovisual. Los estudiantes básicamente resaltaron los siguientes tres puntos:

- el valor de poder ver el video varias veces
- el uso adecuado de imágenes para recrear situaciones
- la claridad y sencillez de las explicaciones

La pregunta número once del instrumento era una pregunta abierta que pedía a los estudiantes que señalaran el aspecto que menos les gustaba del audiovisual. Los estudiantes básicamente resaltaron los siguientes dos puntos:

- la rapidez con que pasaban algunos pantallas
- la falta de animaciones

Finalmente, la pregunta doce del instrumento les solicitaba a los estudiantes sugerencias para mejorar el material que se encuentra en el canal de YouTube. Las sugerencias que expresaron fueron las siguientes:

- incluir en el canal una buena cantidad de ejercicios por cada tema para apoyar el curso
- usar animaciones en los videos
- regular el tiempo en la transición de las pantallas.

#### 4. Conclusiones

Finalizado el análisis de la información recopilada en el estudio, es posible llegar a las siguientes conclusiones:

Esta propuesta no tiene como objetivo mostrarse como un trabajo definitivo, sino más bien el inicio de un proceso de investigación dirigido a mejorar los recursos didácticos existente en la Cátedra de Física de la UNED y de esta forma contribuir con el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje en los curso de física.

La elaboración e implementación de un canal de YouTube exclusivo para el curso de Física I para la enseñanza de las ciencias naturales es factible. Este canal es una herramienta para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje por medio de la resolución de ejercicios de física incluidos en el libro de texto Física Universitaria.

El canal de YouTube para el curso Física I para la enseñanza de las ciencias naturales ya se encuentra en funcionamiento con un total de ocho video tutoriales correspondientes a cada uno de los temas que abarca el curso.

Se validó el producto tecnológico con un grupo de estudiantes. En esta validación, las opiniones al respecto fueron positivas y expresan la importancia de estos recursos para apoyar el aprendizaje, donde el tiempo en cada tutoría es tan limitado, según se desprende de uno de los instrumentos aplicado a los estudiantes.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Concari, S. (2002). *El modelado y la resolución de problemas: ejes para la enseñanza de la física para ingenieros*. Recuperado de <http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Concari.htm>
- Coicaud, S. (2002). *La democratización del conocimiento a través de la educación a distancia*. *Revista digital Ética Net*. Recuperado de <http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero0/Articulos/democratizacion%20del%20conocimiento.pdf>
- Daza, G. (2012). *Historia y perspectiva del video educativo y cultural en América Latina*. Recuperado de <http://www.dialogosfelafacs.net/wp-content/uploads/2012/01/37-revista-dialogos-video-educativo-y-cultural-en-america-latina.pdf>
- De la Cruz, A. (2011). *El audiovisual, su uso en ciencias de la salud*. Recuperado de <http://www.videosalud2011.sld.cu/index.php/videosalud/2011/paper/view/24>
- Epis, F. Fillizzola, P. (2010). *El Mercado de la Educación a Distancia y el Uso de Videos en Línea*. Recuperado de <http://www.americalearningmedia.com/edicion->

014/170-opinion/1643-el-mercado-de-la-educacion-a-distancia-y-el-uso-de-videos-en-linea

- Fonseca, M., Hurtado, A. Lombana, C. Ocaña, O. (2006). *Experimento y Simulación: Opciones Didácticas en la Enseñanza-Aprendizaje de la Física*. Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas: Colombia
- Melgarejo, O., Cornejo, A., Meza, A. (2010). *Aplicación de Videotutoriales en el Aprendizaje de Funciones de  $R^n$  en  $R^n$  en la Asignatura de Análisis II en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación*. Recuperado de <http://www.une.edu.pe/investigacion/CIE%20CIENCIAS%202010/CIE-2010-074%20FLORES%20CCANTO%20FLORENCIO.pdf>
- Ortiz, P. (2010). *Sobre la resolución de problemas en la asignatura de física*. Recuperado de <http://casanchi.com/did/resuprofi01.pdf>
- Rodenas, M. (2012). *La utilización de los videos tutoriales en educación. Ventajas e inconvenientes. Software gratuito en el mercado*. Recuperado de <http://www.sociedadelainformacion.com/33/videos.pdf>
- Suarez, D. (2012). *La importancia del sonido en el audiovisual*. Trabajo final de grado. Universidad de Palermo: Facultad de Diseño y Comunicación. Recuperado de [http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectograduacion/archivos/1516.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/archivos/1516.pdf)
- Universidad Estatal a Distancia. (2001). *Estatuto Orgánico*. Recuperado de [http://estatico.uned.ac.cr/cidi/reglamento/documents/ESTATUTOORGANICOCIDREB2009OCT\\_000.pdf](http://estatico.uned.ac.cr/cidi/reglamento/documents/ESTATUTOORGANICOCIDREB2009OCT_000.pdf)
- Valverde, J. (2009). *La tecnología en el proceso educativo de un posgrado del área educativa de la UNED, en el contexto del modelo pedagógico institucional*. (Disertación doctoral). Recuperado de <http://estatico.uned.ac.cr/posgrados/documentos/TESISDOCTORALJ.VALVERDE.pdf>
- Valverde, J. (sf) *Diseño y elaboración de materiales didácticos multimedia*. Recuperado de [http://campusvirtual.unex.es/cal/cal/file.php/72/Diseño\\_de\\_materiales\\_didacticos\\_multimedia.pdf](http://campusvirtual.unex.es/cal/cal/file.php/72/Diseño_de_materiales_didacticos_multimedia.pdf)
- Varela, M. (2004). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Educación. Recuperado de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006501.pdf>
- Young, H. Freedman, R. (2009). *Física Universitaria*. México: Pearson Educación

## 27TCE - EL EMPLEO DE TIC COMO RECURSO DE ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO

SERRANO, G.<sup>1</sup>; CLAVIJO, S.<sup>1</sup>; CATALÁN, L.<sup>1</sup>; MAUCERI, D.<sup>1</sup>

**1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo.  
Bernardo de Irigoyen 375 - (5600) San Rafael, Mendoza. Argentina  
E-mail: gracielaariaserrano@gmail.com**

### **Resumen**

Mediante estudio de caso, se indagaron los posibles invariantes operatorios de estudiantes de Nivel universitario al implementar como posible situación de enseñanza una tarea mediada por TIC. Las respuestas escritas de los estudiantes permitieron caracterizar, desde la Teoría de los Campos conceptuales de Vergnaud, los posibles conceptos y teoremas en acto que emplearon al resolver tareas de movimiento de cargas en campos magnéticos. El empleo de un simulador de uso libre en la tarea mediada por TIC permitió a los estudiantes expresar mediante representaciones verbales lingüísticas, diferentes relaciones entre los significados físicos de fuerza, carga, velocidad, campo, trayectoria; estas construcciones verbales fueron respaldadas, en algunos casos, por representaciones pictóricas del tipo figura, y en otros, por representaciones algebraicas en la forma de expresiones de relaciones funcionales. El posible conocimiento en acto, se vincularía con los significados de trayectoria, movimiento circular, fuerza, radio, velocidad y campo magnético, y relaciones entre fuerza y signo de la carga. Los estudiantes mostraron caracterizaciones adecuadas de la fuerza magnética que actúa sobre cargas en movimiento, vinculando esta fuerza con las centrípetas estudiadas en el campo conceptual de la mecánica.

### **1. Introducción**

**Problema:** El aprendizaje de conceptos relativos al campo conceptual del movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes en el Nivel universitario presenta dificultades que pueden sintetizarse como: limitaciones al modelizar, pobreza argumentativa para fundamentar los razonamientos, escasa capacidad de relacionar los fenómenos estudiados en dos campos conceptuales diferentes (la mecánica y el electromagnetismo) mediante la aplicación de leyes generales de la Física.

**Marco teórico y antecedentes del problema:** La Física está conformada por leyes, principios y conceptos que conforman diferentes teorías. Entre los conceptos básicos que estructuran el campo conceptual de la Física están los de “movimiento” y “campo”. Desde el modelo de cuerpo puntual, el estudio del movimiento en campos uniformes presenta semejanzas, ya sea que se trate de campo gravitacional, eléctrico o magnético, de modo que identificar los posibles invariantes operatorios de que disponen los estudiantes en el tema “movimiento de cargas en campos magnéticos” permitirá fortalecer estrategias de enseñanza que favorezcan la conceptualización. Entre las tareas que resuelve el estudiante están las mediadas por TIC y, entre ellas, las que llamaremos en este trabajo Laboratorios virtuales: éstos consisten en pequeños y flexibles programas de computación que simulan (con datos numéricos e imágenes, y con modelos ocultos) experiencias difíciles o imposibles de realizar en el laboratorio tradicional. Numerosas propuestas de enseñanza en la actualidad están pregonando las

virtudes del uso de estas tecnologías en el aula (Kofman et al., 2000; Martinho, 2009; García Barneto, 2006), como por ejemplo el afianzamiento de competencias científicas y de habilidades de trabajo colaborativo.

Para esta investigación se adopta como marco teórico la Teoría de los Campos conceptuales (TCC) de Vergnaud (1990), ya que las investigaciones de Llancaqueo et al. (2003), Covalada et al. (2005), Escudero et al. (2005), Stipcich et al. (2007), Catalán et al. (2010) declaran la potencialidad de la misma al explorar los vínculos entre la estructura cognitiva de los estudiantes y la estructura del concepto científico. La TCC es una teoría cognitiva que considera que el conocimiento está organizado en campos conceptuales. El alumno posee un esquema mental al iniciar el aprendizaje de determinado concepto de un campo conceptual, este esquema está conformado por significados, reglas de inferencia y representaciones; este esquema mental no es rígido sino que se irá reconfigurando y modificando conforme avance el aprendizaje. El docente como mediador del aprendizaje del alumno, proveerá a éste diferentes posibles situaciones las que permitirán abordar distintos aspectos del concepto. En esta teoría el concepto es visto como un triplete formado por las situaciones, los invariantes operatorios y las representaciones. Las situaciones son entendidas como tareas, por ejemplo los laboratorios. Los invariantes operatorios son el significado atribuido al concepto, constituyen la base conceptual del esquema mental: de estos invariantes el estudiante seleccionará la información necesaria para poner en juego las reglas de acción para enfrentar las situaciones. Entre los invariantes operatorios están los conceptos en acto (CA) -objetos, relaciones, atributos- y teoremas en acto (TA) tales como proposiciones consideradas como verdaderas. Las representaciones son las formas en que el estudiante puede manifestar los invariantes operatorios, pueden ser verbales o lingüísticas, simbólico algebraicas, pictóricas. El concepto se construye conforme el individuo le asigna significados los que serán explicitados mediante las representaciones y posibilidades de representación del estudiante; esta asignación de significados se logra mediante la realización de tareas (entendidas como situaciones).

## **2. Objetivos**

Identificar y caracterizar los posibles invariantes operatorios y representaciones que emplean los alumnos al resolver situaciones del campo conceptual del movimiento de cargas en campos magnéticos, antes, durante y después de una tarea medida por TIC.

## **3. Metodología**

Los estudiantes de dos cursos básicos de electromagnetismo de carreras de Nivel superior resolvieron tres tareas propias del curso, entre ellas una mediada por TIC. Una vez recopilados todos los instrumentos escritos desarrollados por los alumnos durante el cursado, se seleccionó una muestra conformada por estudiantes que hubiesen completado la totalidad de las tareas propuestas y que no mostrasen duplicaciones en los escritos, a fin de asegurar disponibilidad de respuestas diferentes y poder así realizar un estudio de caso con los registros escritos.<sup>6</sup>

La investigación se realizó empleando técnicas de observación participante y análisis de contenido. Las categorías de análisis se elaboraron y reelaboraron conforme avanzó el tratamiento de los informes escritos presentados por los estudiantes. El proceso

---

<sup>6</sup> En la referencia a los registros, por ejemplo (P10; A2,b) indica al alumno P10 en la situación A2 inciso b.

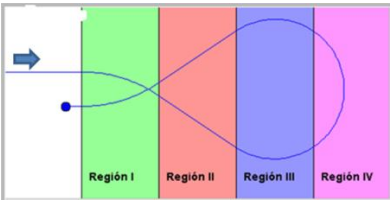


investigativo a cargo de los docentes acompañó a la organización didáctica de la clase y pueden reconocerse tres etapas.

En la primera etapa, luego del desarrollo de la clase teórica, se presentó un ejercicio con respuestas abiertas en el que los alumnos debieron predecir el movimiento de un ión al pasar por dos regiones con diferentes campos magnéticos uniformes: nulo y entrante/saliente. En la segunda etapa, la posible situación es un laboratorio mediado por TIC, empleando el simulador de uso libre “Física con ordenador” de Ángel Franco García (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>). En esta tarea se repitieron varias de las cuestiones indagadas en la primera etapa, vinculadas a las acciones de: predecir, justificar y validar con el simulador la trayectoria de un ión en ausencia y en presencia de campo magnético. La tercera y última etapa presentó un ejercicio que el alumno debió resolver mostrando la disponibilidad (total, parcial o nula) de representaciones cercanas a las científicas de los significados relativos al campo conceptual del concepto movimiento de cargas en campos magnéticos uniforme. Cada etapa y las situaciones empleadas en cada una se ilustran en la siguiente tabla

**TABLA 1.** Secuencia de la organización didáctica y situaciones

Etapa	Situación y síntesis de enunciados
Primera	<p>Situación A1: Ejercicio de lápiz y papel</p> <p>Un ión con carga negativa <math>-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}</math> pasa a través de dos regiones: I y II, moviéndose inicialmente hacia la derecha en forma horizontal. La rapidez del ión es <math>1000 \text{ m/s}</math> y la masa es <math>2,3 \cdot 10^{-25} \text{ kg}</math>. En la región I no hay ningún campo, mientras que en la región II hay un campo magnético entrante y perpendicular al plano de esta hoja, de magnitud <math>2 \text{ T}</math>. Responda justificando:</p> <p>a) ¿Qué movimiento tendrá el ión en cada región?</p> <p>b) Dibuje la trayectoria del ión en la figura, para las dos regiones. Explique: ¿por qué es así la gráfica?</p> <p>c) Si en lugar de ingresar un ión negativo, ingresa uno positivo de igual masa que el anterior, responda: ¿seguirá la misma trayectoria que el ión anterior?..... ¿por qué?.....</p> <p>d) Considere que ingresa el ión negativo con el doble de velocidad, ¿afectará esto a la trayectoria que dibujó? ..... ¿Por qué?</p>
Segunda	<p>Situación A2: Laboratorio mediado por TIC</p> <p>Considera una carga positiva en un campo magnético de <math>1000 \text{ G}</math>. ¿Qué trayectoria esperarías observar? Realiza la experiencia, considerando un valor de <math>q</math> fijo (indica cuál es) y tres valores diferentes de masa. Las tres trayectorias, ¿qué tienen en común y en qué difieren?</p> <p>Ahora deseamos conocer de qué modo el cambio en la velocidad afecta a la trayectoria. Diseña una experiencia para ser realizada con el simulador que permita dar respuesta a esta pregunta. Realiza la experiencia, recoge los datos y escribe la respuesta (conclusión).</p> <p>Emite una conclusión que resuma de qué modo afecta la trayectoria, para un valor de carga fijo, la masa, el campo y la velocidad.</p>
Tercera	<p>Situación A3: Ejercicio de lápiz y papel</p> <p>Se lanza un electrón (<math>q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}</math>; <math>m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}</math>) que pasa sucesivamente por cuatro regiones donde actúan diferentes campos</p>

	<p>magnéticos uniformes y perpendiculares a la hoja. El electrón ingresa desde la izquierda (flecha azul) con una velocidad horizontal de 90 m/s y se ha dibujado la trayectoria que sigue en las diferentes regiones. A partir de esta trayectoria:</p> <p>¿Qué orientación tiene el campo magnético en cada región? Dibújalos.</p> <p>¿Cuánto vale el módulo de la velocidad del electrón en la región I?</p>	
--	---	--

#### 4. Resultados

Los resultados se presentarán organizados en las tres etapas de la investigación. Luego se dará una síntesis explicativa.

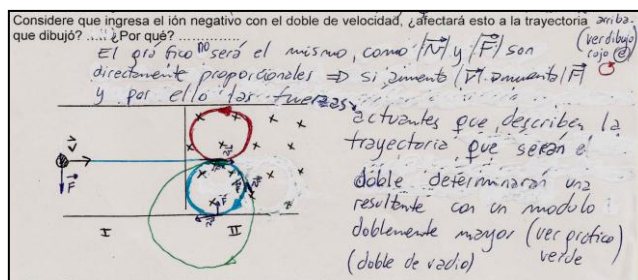
**TABLA 2.** Caracterización de las respuestas de los estudiantes por etapa

Etapas	Posibles invariantes operatorios físicos	Posibles Teoremas en acto	Representaciones
Primera	Relaciones y significados del campo conceptual bajo estudio, campo magnético, velocidad, fuerza, carga, trayectoria	«El campo magnético modifica el movimiento»; «el campo magnético ejerce fuerza sobre cargas en movimiento»; «la fuerza modifica la trayectoria»; «el sentido de recorrido de la trayectoria dependerá del signo de la carga»; «la trayectoria de la carga será circular»; «la fuerza magnética actúa como fuerza centrípeta».	Pictóricas, verbales.(FIG1) y algunas algebraicas
Segunda	Del CC de la Mecánica: significados de trayectoria, movimiento,	-Caracterización de la fuerza magnética: “el campo magnético produce una fuerza sobre la carga en movimiento”; “la fuerza magnética es perpendicular a la velocidad”	Verbales lingüísticas y algunas icónicas (copias de pantallas del simulador, ver FIG.2).
Tercera	fuerza y velocidad, y las relaciones entre fuerza y cambio en el movimiento  Del CC del Magnetismo: campo magnético y fuerza magnética, y sus relaciones.	- Caracterización de la trayectoria: “La carga en el campo magnético realiza un movimiento circular”; “El signo de la carga determina el sentido de giro”; “El radio de la trayectoria es proporcional a la velocidad y a la masa, e inversamente proporcional al valor del campo”; “Regla de la mano derecha determina el sentido de giro”.	La mitad de los alumnos emplea representaciones algebraicas simbólicas para dar cuenta de las relaciones entre fuerza, velocidad y campo magnético. Todos los alumnos recurren a representaciones verbales y pictóricas tipo “imagen” (FIG. 3).

Se observó que antes de la tarea mediada por TIC los alumnos mostraron disponer de algunos invariantes operatorios propios del campo conceptual, los cuales se repitieron en las explicaciones del laboratorio virtual, tales como: caracterizaciones de la fuerza

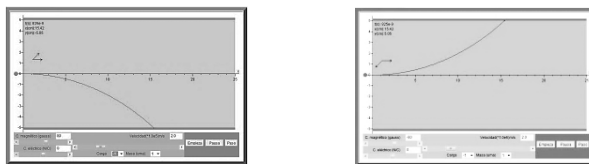
magnética, relación entre la fuerza magnética y el campo magnético, reglas para determinar el sentido de la fuerza magnética. Estos posibles invariantes operatorios se representaron en la primera tarea esencialmente en lenguaje verbal y pictórico como se muestra a continuación.

**FIGURA 1.** Ilustración del movimiento de la carga en un campo magnético (P10, A1, b)



El uso del simulador, en la segunda etapa permitió a los estudiantes expresar mediante representaciones verbales lingüísticas, diferentes relaciones entre los significados de fuerza, carga, velocidad, campo, trayectoria. Por ejemplo “La trayectoria siempre será circular, cambiando el radio según ciertos parámetros. Al aumentar la velocidad o la masa el radio aumenta, pero al aumentar parámetros tales como la carga o el campo magnético el radio disminuye ya que son inversamente proporcionales” (F4, A6, 10). Las relaciones fueron respaldadas en algunos casos por representaciones algebraicas en la forma de expresiones de relaciones funcionales “ $R = \frac{mv}{|q|B}$  concluimos que el radio es directamente proporcional a la masa y a la velocidad, e inversamente proporcional a la carga y al campo magnético” (P7, A6, 10) y en otros por representaciones pictóricas del tipo “figura” como se muestra en la FIGURA 2.

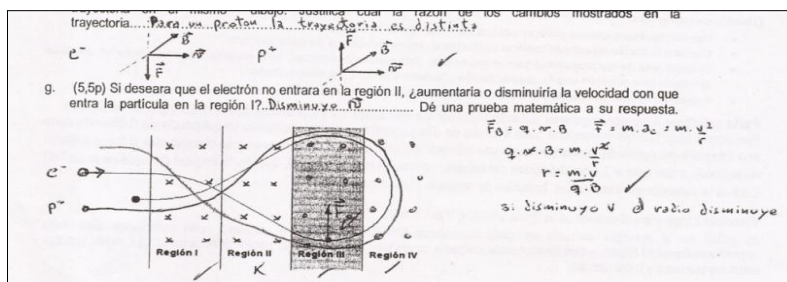
**FIGURA 2.** Efecto sobre la trayectoria al cambiar el signo de la carga (F9, A2, g)



En la segunda y tercera etapa todos los estudiantes mostraron disponer de representaciones de las relaciones entre fuerza magnética y trayectoria, que les permitieron caracterizar la trayectoria de iones en campos magnéticos uniformes mediante afirmaciones dadas en lenguaje verbal, por ejemplo: “Porque un campo magnético cambia la dirección de la velocidad pero no su rapidez” (F2, A7, b). También mostraron caracterizaciones adecuadas de la fuerza magnética que actúa sobre cargas en movimiento, vinculando esta fuerza con las centrípetas estudiadas en el campo conceptual de la mecánica, “...el campo ejerce una fuerza [...]  $\vec{F}$  es una fuerza centrípeta su sentido señala el centro de la trayectoria circular.” (P10, A7, d)”. Análogamente, evidenciaron poseer representaciones de relaciones entre “fuerza magnética y signo de la carga”, al reconocer que la trayectoria cambiará su sentido al cambiar el signo de la carga, mostrando en sus explicaciones el adecuado uso de los conceptos de sentido de giro horario/anti horario, fuerza, radio. Los estudiantes

podieron explicitar los efectos que producirían sobre la “trayectoria de la partícula” los cambios de distintos factores (masa, carga, campo, velocidad); en general las respuestas fueron dadas en lenguaje verbal aludiendo a la “*proporcionalidad / proporcionalidad inversa*”, y en algunos alumnos en lenguaje simbólico algebraico. La FIGURA 3 ilustra una respuesta en la que se pueden identificar representaciones verbales, simbólico algebraicas y pictóricas consistentes entre sí, brindadas por un estudiante en la última tarea.

**FIGURA 3.** Respuestas de un estudiante en la tercera etapa (F2, A3)



Los posibles IOF (Invariantes operatorios físicos) dominantes en las explicaciones de los estudiantes en los informes de laboratorio virtual y en la tarea posterior, fueron propios del campo conceptual de la mecánica y del magnetismo. Entre los primeros están los significados de “trayectoria”, “movimiento”, “fuerza y velocidad”, y las relaciones entre “fuerza y cambio en el movimiento”. Entre los conceptos explicitados del campo conceptual del electromagnetismo -posibles conceptos en acto- se reconocen: “campo magnético y fuerza magnética”, y las relaciones inherentes al campo conceptual del electromagnetismo (fuerza-carga-campo magnético; fuerza magnética y signo de la carga; fuerza magnética y velocidad; radio, velocidad, campo magnético, carga y masa). Todos los estudiantes recurrieron a representaciones pictóricas de trayectoria (mediante pantallas del simulador).

La recurrencia de los posibles conocimientos en acto en la tarea de laboratorio virtual y en el ejercicio de la tercera etapa indicaría que los alumnos de este grupo han llegado a un nivel de conceptualización del movimiento de cargas en campos magnéticos, consistente con los modelos científicos.

## 5. Conclusiones

Se identificaron y caracterizaron posibles invariantes operatorios y representaciones que emplean los alumnos al resolver situaciones del campo conceptual en estudio, antes, durante y después de una tarea medida por TIC. Se observó que los alumnos recurren a significados de fuerza, velocidad, campo, trayectoria, carga y relaciones entre ellos, las cuales expresan con representación verbal especialmente, y sobre las situaciones finales (durante y después de la tarea mediada por TIC) con mayor presencia de representaciones simbólico-algebraicas. Como posibles teoremas en acto (TA) se encuentran caracterizaciones de la fuerza magnética, del campo magnético y de la trayectoria de la carga en campo magnético uniforme. También se observó una progresiva apropiación de la interpretación de representaciones pictóricas de tipo imagen, resultado que es concordante con lo afirmado por Lombardi et al. (2009) al considerar que ésta es una habilidad que debe enseñarse para que los alumnos la apliquen en la construcción del campo conceptual.

Los resultados obtenidos evidenciarían que los estudiantes de este pequeño grupo han logrado en general una significación adecuada al nivel del curso de los conceptos en juego, mostrada en el uso de representaciones simbólicas, pictóricas y verbales del campo conceptual de la Física. Sin embargo, estas representaciones evidenciadas por los estudiantes son sólo un emergente de las representaciones que el alumno ha construido sobre el concepto, y que no siempre son expresadas (ya sea por falta de recursos para hacerlo, como por ejemplo uso del lenguaje verbal o algebraico) tal como lo señalan Llancaqueo et al.(op.cit.); Catalán et al.(op. cit.), por lo que de ellas sólo podemos declarar cuáles son los posibles IO (invariantes operatorios, tanto conceptos en acto como teoremas en acto) que los alumnos emplearon al enfrentarse a esta situación mediada por TIC.

A partir de la experiencia descrita sumamente acotada en cuanto a la muestra bajo estudio y a los instrumentos empleados, pudimos acercarnos a la forma en que los alumnos de este pequeño grupo particular, aprenden gradualmente un tema específico de electromagnetismo. El reconocimiento de los posibles “teoremas y conceptos en acto” permitiría, en futuras instancias de enseñanza del tema en cuestión en este nivel de educación, seleccionar situaciones que ayuden a la construcción del concepto científico.

## 6. Bibliografía

- Catalán, L; Caballero Sahelices, C. & Moreira, M. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un estudio de caso. En *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, No. 1, Jan. 2010: 126-142.
- Covalada, R.; Moreira, M. & Caballero, M. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 4,1.
- Escudero, C.; González, S. & Jaime, E. (2005). El análisis de conceptos básicos de Física en la resolución de problemas como fuente generadora de nuevas perspectivas: un estudio de dinámica del movimiento circular. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaey/article/viewFile/6054/5>.
- García Barneto & Gil Martín (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. V. 5,2.
- Kofman, H.; Tozzi, E. & Lucero, P. (2000). La Unidad Experimento – Simulación en la Enseñanza Informatizada de la Física. *Revista de Enseñanza y Tecnología* –Disponible en: <http://161.67.140.29/iecom/index.php/IECom/article/view/132/125>.
- Lombardi Licciardi, G.; Caballero Saheliz, C. & Moreira, M. (2009). Las representaciones pictóricas como recursos semióticos. Caso equilibrio químico. Disponible en: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1596-1601.pdf>
- Llancaqueo, A.; Caballero, M. & Moreira, M. (2003). El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, 3: 227-253.
- Martinho & Pombo (2009). Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol.8, 2.
- Stipcich, S.; Moreira, M. & Caballero, C. (2007) La construcción de nociones sobre temas complejos, en estudiantes de educación media: un análisis mediante la Teoría de los campos conceptuales. <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contents-stipcich.html>.
- Vergnaud G. (1990). La Teoría de los Campos conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 10, 2: 133-170.

## **28TCE - FORMACION EN INGENIERIAS: TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR BASADO EN PROYECTOS PARA PROMOVER EL CAMBIO DE CULTURA ORGANIZACIONAL.**

**SAAVEDRA, V.A.I.<sup>1</sup>;**

**1. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales. PROIPRO 3-5-0214. Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera - (5700) San Luis. Argentina.**

**E-mail: veronica.a.saavedra@gmail.com**

### **Resumen**

En este trabajo se presenta un análisis de la matriz cultural de una organización cuyo propósito es la formación de ingenieros y de técnicos, y las condiciones adhoc que actualmente acontecen y que la autora considera podrían otorgar las posibilidades para favorecer la implementación de innovaciones.

La cultura de esta organización, hasta el momento, no era favorable para el desarrollo de los nuevos planes de estudio planteados por la reingeniería de la carrera que se había diseñado durante la gestión anterior, por lo que se empezaron a buscar otras estrategias para la aplicación de dichos planes que serán expuestas en esta ponencia conjuntamente con el plan de trabajo y los proyectos planteados para favorecer la instalación de las reformas mediante el consenso y el trabajo colaborativo.

**Palabras clave:** Calidad en la formación universitaria; Cultura organizacional; Contracultura; Formación por proyectos.

### **1. Introducción**

“El cambio hacia el que debemos encaminarnos no puede ser definido de manera precisa de antemano y su forma tiene mucha menos importancia de lo que se cree. Es la estrategia lo que va a decidir en último término la elección de la reforma y no a la inversa. Privilegiar la reforma en sus elementos formales es comprometerse en la vía tecnocrática. Solo contrariamente, actuando de un modo progresivo a partir de la reflexión sobre costes y beneficios y de la experiencia de la acción podremos hacer las opciones realmente pertinentes”. **Michel Crozier (1922-2013).**

Este trabajo se enmarca en un proyecto mayor que pretende mejorar la calidad de la formación en la carrera de ingeniería que depende de la organización que se analiza, respondiendo al Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016 del Ministerio de Educación Argentino (Morano y Fernández, 2012).

La reingeniería de la carrera en cuestión había comenzado en una gestión que pretendía llegar a generar una carrera modelo para las demás ingenierías de la misma especialidad. En esa gestión su identidad (Etkin y Schvarstein, 2000) estaba dada por una estructura en la que prevalecía la lógica de las capacidades existentes (prestigio por

conocimientos y experticia). Al cambiar la gestión comienza a prevalecer otra lógica, la de las relaciones entre sus integrantes (conocimiento y amiguismo) tal que la organización se balcaniza (Hargreaves, 1996). La nueva dirección, por diferencia de creencias y valores, no pretendía seguir con proyectos iniciados en la gestión anterior, y particularmente al de reingeniería lo desconocía por fallas de comunicación interna de la gestión anterior. Además otros proyectos fueron discontinuados y empeoró la comunicación interna y externa. Teniendo en cuenta que la prioridad de mejorar la carrera de ingeniería no era una de las prioridades políticas de esta gestión, seguir el proyecto con los planes originales, era caminar hacia una frustración segura.

Las características de la gestión son una cuestión clave del cambio social y en nuestro caso del cambio de la matriz cultural<sup>7</sup> de la organización. Siguiendo al sociólogo Michel Crozier (1984) podríamos decir que esta nueva administración se encontraba configurada de modo tal que en vez de jugar como agente de las transformaciones sociales se convertía en factor de bloqueo.

Entonces la única opción posible para seguir con el plan de mejoras en esta organización, vista como un *sistema de acción* (Crozier y Friedberg, 2004), era encontrar la estrategia adecuada para continuar con la reingeniería de la carrera. Con palabras de Crozier “Una buena estrategia no consiste en decir que es el bien a partir de una constatación sobre el mal, sino en descubrir, con las regulaciones de un sistema y sus consecuencias, los medios para influir sobre él para que evolucione, para que aprenda”.

## **2. Objetivos**

Encontrar qué motivación tendría la gestión departamental para colaborar con la implementación de los cambios.

Mejorar la comunicación interna para difundir la visión de la reingeniería de la carrera.

Descubrir a los docentes que podrían ser los portadores del cambio.

Encontrar el momento socio-cultural adecuado para institucionalizar los cambios, con el fin último de modificar la cultura organizacional para poder mantener las mejoras que se logren en la formación de la carrera creando la necesidad de la actualización continua de los docentes, alumnos, proyectos, procesos, tecnologías y estrategias.

## **3. Metodología**

La metodología utilizada es una estrategia de “inversión” (Crozier, 1984).

Este autor propone dos etapas, primero la reflexión sobre qué es lo que debería ser aprendido, sobre la manera que el sistema debería evolucionar (en nuestro caso el departamento del que depende la carrera) para responder a los problemas planteados y en segundo lugar en que recursos podríamos apoyarnos para actuar.

Con respecto a la primera etapa, el problema que se plantea es que a nivel local y regional las tareas docentes han cambiado y la función docente se ha diversificado pero en esta organización, como también sucede en otras, las reglas de gestión (administrativa y del proceso de enseñanza-aprendizaje) siguen en general ligadas a una

---

<sup>7</sup> Hablamos de matriz cultural dado que hay muchas subculturas aunque una predominante y en esta gestión, la predominante (individualista y monolítica) no era favorable.

realidad que ya no existe. Es necesario volver a pensar las tareas en función de las relaciones humanas sobre las que se fundamentan y del sistema a la naturaleza de las tareas a cumplir (Crozier, 1984). No alcanza con un plan de estudios (más un plan de formación y evaluación), las innovaciones no solo deben estar en las normas y procedimientos, debe cambiar la cultura organizacional. Y la gestión debe arbitrar los medios para facilitar nuevas formas de relación y de acción para mejorar las prácticas de la organización para que poco a poco la matriz cultural vaya cambiando.

La segunda etapa consistió en encontrar que recursos humanos, condicionamientos, situaciones, capacidades o incapacidades y elementos o cualidades particulares para la capacidad de acción podrían ser convertidos en recursos para lograr algún movimiento del sistema. Para hacer esta búsqueda, se analizó el sistema bajo un enfoque de carácter cualitativo desde la perspectiva de los estudios etnográficos. El abordaje de la organización se realizó como estudio de caso y la información se recogió mediante entrevistas desestructuradas, semiestructuradas y por observación participante.

Analizando situaciones sobre los recursos humanos se encontraron que estos ítems podrían ser tomados como recursos favorables para actuar:

- En el grupo de docentes hay profesionales con alto grado de especialización.
- Se han agregado al plantel docente dos jóvenes que eran estudiantes de postgrado en otras instituciones, quienes ahora regresan como auxiliares docentes y están interesadas en capacitarse para aprender a enseñar ya que son conscientes de que el hecho de ser ingenieras/doctoras no las convierte mágicamente en docentes de ingenierías.
- Tres estudiantes de cursos avanzados, nativos tecnológicos, han sido recientemente incorporados como auxiliares alumnos lo que favorece la posibilidad de incorporación de tecnologías para el cambio de la matriz cultural. Estos jóvenes, como los que acaban de terminar postgrados, están muy motivados para mejorar la carrera.
- Otros tres docentes con más antigüedad también están interesados en mejorar sus procesos de enseñanza aprendizaje.
- Algunos docentes nunca habían sido tenidos en cuenta por la gestión y eran tratados aun como alumnos. Dos de ellos se sumarian con gusto a las innovaciones.
- Dos docentes de dedicación simple pronto pasarían a dedicación semiexclusiva por lo que habría más posibilidades para que se sumen al proceso de cambios.

Analizando la gestión y su relación con el entorno local, se encontraron dos puntos clave para trazar una estrategia:

Se detectó que un factor motivacional intrínseco para la dirección era el dinero. Por lo que el bajo presupuesto que tiene este departamento en comparación a los demás de la misma facultad podía también ser convertidos en un recurso para la evolución. Además el departamento estaba empezando a tener problemas financieros por no recibir sus partidas en tiempo; estos hechos que indudablemente parecen una amenaza para el funcionamiento, podían también ser convertidos en recursos para el cambio.

Se observó que las diferencias y enconos entre la gestión actual y la anterior, causó malestares en algunos actores de mayor antigüedad. Esta situación que normalmente podría verse como una debilidad, en este caso se convierte en un recurso favorable. Se podían ver indicios de que la organización había comenzado a auto-organizarse (Etkin y



Schvarstein, 2000) para recuperar su identidad afectada por el cambio de lógica arriba mencionado.

Mirando en el entorno global de la organización había variadas posibilidades para conseguir recursos externos, dadas por los programas nacionales de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y por convocatorias de organismos internacionales, enmarcados en la tendencia para el desarrollo sustentable y el desarrollo social a las que se podía aplicar por las características de la carrera.

La estrategia seleccionada para tratar que el sistema evolucione fue en función de los recursos y los condicionamientos (no solo en base a los objetivos) y consistió en buscar convocatorias a proyectos financiados que pudieran funcionar a manera de comunidades de prácticas donde haremos participar a docentes y estudiantes de diferentes años de la carrera (Cura et al, 2012) junto con especialistas externos (e internos) de distintas temáticas para que los docentes y estudiantes participen en contextos colaborativos, multidisciplinares y reales (Murphy Arteaga et al, 2012).

Estos proyectos colaboran a mejorar la calidad de la formación de los estudiantes porque promueven la adquisición de competencias específicas y generales, aportan al desarrollo local y regional, agregan una perspectiva supranacional y permiten que la organización se acerque al nuevo paradigma que propone la reingeniería de la carrera.

#### **4. Resultados**

La gestión dejó de ser un factor de bloqueo para mantenerse en una posición neutra cuando obtuvimos el segundo proyecto financiado. Probablemente porque con solo este proyecto habíamos superado el presupuesto anual del departamento para el año 2015. Cuando el tercer proyecto paso la segunda etapa de evaluación (de tres) la dirección empezó a brindar un poco de información valiosa para los proyectos.

Mejoro la comunicación interna. Mientras estos proyectos se escribían, presentaban y estaban en proceso de evaluación se fue comunicando, de uno en uno, a varios profesores clave y así aparecieron, entre estos, los docentes que la autora cree, serán los portadores del cambio, quienes se ofrecieron por motus propio, para agregarse o integrar alguno de los proyectos que se estaban armando. Lo mismo sucedió con algunos alumnos pero en menor porcentaje.

A diciembre 2014, tenemos tres proyectos aprobados (uno en ejecución, dos para comenzar en 2015) y uno en diseño que integrará al curriculum de la formación un proyecto social para cubrir una necesidad del entorno en donde se desarrolla la carrera (Zachman y Saez Mosquera, 2012):

El primer proyecto fue uno de Ciencia y Técnica de la universidad que, aunque sabíamos que tenía escasísima financiación, dio un marco para independizarnos de la gestión departamental, este es sobre Formación en Ingenierías (2014-2016) y lo integran docentes y alumnos locales. Su presupuesto ha sido utilizado para capacitar a cuatro de los docentes interesados y conseguir recursos para dos nuevas capacitaciones para docentes y alumnos en el periodo 2015-2016. Una sobre estrategias para el proceso de enseñanza-aprendizaje y otra para la implementación de formación por competencias.

Estos cursos tienen la intención de colaborar a la migración de un curriculum diseñado desde una cultura individualista y monolítica a uno que sea creado colaborativamente y desde la multidisciplinariedad.

El segundo proyecto es nacional (SPU), con integrantes de tres provincias argentinas y un país extranjero. Participaran en este los alumnos de tercero cuarto y quinto año y entre sus intenciones está la de acercar a los estudiantes a los problemas que han traído las malas prácticas de la profesión al medioambiente y a la sociedad para que sean conscientes de la importancia de las prácticas responsables, éticas y sustentables.

El tercer proyecto fue a partir de una convocatoria de la Unión Europea e integran el equipo de trabajo referentes internacionales de cinco países, docentes investigadores argentinos de tres provincias y alumnos de la carrera. Intenta acercar a los estudiantes a la investigación internacional y colaborativa. Pretende también que algún integrante haga su tesina de grado y otro su tesis de postgrado.

El cuarto proyecto, en diseño, incluye a tres espacios curriculares de la carrera, a sus docentes y a todos los alumnos que los cursen, a un par de instituciones del medio y a pequeños propietarios rurales de la provincia. Este proyecto busca acercar la universidad a la sociedad a través de una propuesta curricular articulada con el desarrollo social (Albeniz et al, 2012).

A través de estos proyectos los alumnos no solo tienen la posibilidad de participar en prácticas profesionales reales sino que se está incorporando la extensión y la investigación al proceso de enseñanza aprendizaje, acercándonos así a los estándares de ARCU-Sur (Giura et al, 2012).

Con la estrategia adoptada y los proyectos definidos, además de lograr nuestros objetivos, respondemos a los cinco retos para la formación de ingenieros y por ende para las instituciones formadoras propuestos por el gobierno argentino para la presente década (Morano y Fernandez, 2012).

## **5. Conclusiones**

Teníamos un plan original que afortunadamente no se pudo seguir en la secuencia planificada y hubo que modificarlo con lo que nos dimos cuenta que la estrategia es lo prioritario para la modificación de la matriz cultural de la organización.

Se cumplieron ya los tres primeros objetivos de este plan que busca favorecer la implementación de innovaciones. Con respecto al cuarto objetivo podríamos decir que si no pasa la formación por proyectos al curriculum (o sea sino se modifica el plan de estudios y el de formación) puede que la situación de transversalidad que ahora tiene la posibilidad de darse no se repita, tampoco es garantía de que la formación cambie por la sola incorporación de estas prácticas al curriculum ya que los cambios no se instalan por decreto sino por su incorporación a las prácticas culturales.

Tal vez, viviendo la experiencia de multidisciplina y colaboración, a través de los proyectos que se desarrollarán durante 2015, pueda el grupo comprender las intenciones de la reingeniería de la carrera y se comience a desplazar una cultura por otra.

## **6. Bibliografía**

- Albeniz,V. et al (2012). 175. Educación en ingeniería a partir de propuestas curriculares articuladas con el desarrollo social. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág.187), Bs.As. EdUTecNe.
- Crozier, M. (1984). No se cambia la sociedad por decreto. Madrid, Ed. INAP.
- Crozier, M y Friedberg, H. (1990). El actor y el sistema. México. Alianza Editorial Mexicana.
- Cura, R; Páez, O.; Menghini, R. (2012). 172. Mejora e innovación en la enseñanza inicial de Ingeniería y LOI. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 185). Bs.As.: EdUTecNe.
- Etkin, J. y Schvarstein, L. (2000). Identidad de las Organizaciones: Invariancia y cambio. Editorial Paidós. Buenos Aires.
- Giura, M.; Capelari, M; Presa, A. (2012). 388. Acreditación y Educación en Ingenierías: Análisis de los estándares de calidad en relación con la formación y el aprendizaje de los estudiantes. UTN Fr Bs.As. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 245). Bs.As.: edUTecNe.
- Hargreaves A.(1994). Profesorado, cultura y postmodernidad. Madrid, Ed. Morata.1996.
- Morano, D. y Fernandez, M. (2012). 385. Rol del gobierno en la educación en ingeniería: Reingeniería de la educación en ingeniería. M.E. ISBN 987-987-1896-03-5. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 244). Bs.As.: EdUTecNe.
- Murphy Arteaga, R et al (2012). 376. Overhauling Engineering Education in Latin America. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 242). Bs.As.: EdUTecNe.
- Zachman, P. y Saez Mosquera, I. (2012). 285. La asincronía entre formación de competencias profesionales y su pertinencia con desarrollo local, en el contexto de la Universidad Emprendedora: Modelo de Gestión del Conocimiento. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 222). Bs.As.: EdUTecNe.

## **7. Agradecimientos**

A mi Correctora: Yanus Saavedra y a mis Compañeros de Proyecto retirados, con los que iniciamos este proceso de innovaciones en febrero de 2012: J.M.W. y M.A.M.

# Congreso Latinoamericano **Clicap** Ingeniería y Ciencias Aplicadas



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE CIENCIAS  
APLICADAS A LA INDUSTRIA

**San Rafael - Mendoza - Argentina**

ISBN 978-987-575-119-4



9 789875 751194